علم شكل الأرض التطبيقي

الجيومورفولوجيا التطبيقية

الأستاذ الدكتور
خلف حسين علي الدليمي



www.darsafa.net



﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ ﴾

صدق الله العظيم

علم شكل الأرض التطبيقي

الجيومورفولوجيا التطبيقية

علم شكل الأرض التطبيقي

(الجيومورفولوجيا التطبيقية)

الأستاذ المشارك الدكتور

خلف حسين علي الدليمي

جامعة الأنبار – العراق

الطبعة الأولى

2012 م – 1433 هـ



دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2011/6/2506)

551.4

الدليمي، خلف حسين علي

علم شكل الأرض التطبيقي، الجيومورفولوجيا التطبيقية/ خلف حسين علي الدليمي.- عمان: دار صفاء للنشر والتوزيع، 2011.

( ) ص

ر. أ: (2011/6/2506)

الواصفات:/الجيومورفولوجيا//أشكال الأرض/

تم إعداد بيانات الفهرسة الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

الطبعة الأولى

2012 م - 1433 هـ



دار صفاء للنشر والتوزيع

عمان – شارع الملك حسين – مجمع الفحيص التجاري – تلفاكس 4612190 6 962+

هاتف: 4611169 6 962+ ص.ب 922762 عمان - 11192 الاردن

DAR SAFA Publishing - Distributing
Telefax: +962 6 4612190 – Tel: +962 6 4611169
P.O.Box: 922762 Amman 11192- Jordan
http://www.darsafa.net
E-mail :safa@darsafa.net

ISBN 978-9957-24-785-0 **ردمك**



﴿ هُوَ ٱلَّذِيٓ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءٗۖ لَّكُم مِّنۡهُ شَرَابٞ وَمِنۡهُ شَجَرٞ فِيهِ تُسِيمُونَ
١٠ يُنۢبِتُ لَكُم بِهِ ٱلزَّرۡعَ وَٱلزَّيۡتُونَ وَٱلنَّخِيلَ وَٱلۡأَعۡنَٰبَ وَمِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِۚ إِنَّ
فِي ذَٰلِكَ لَأٓيَةٗ لِّقَوۡمٖ يَتَفَكَّرُونَ ١١ وَسَخَّرَ لَكُمُ ٱلَّيۡلَ وَٱلنَّهَارَ وَٱلشَّمۡسَ
وَٱلۡقَمَرَۖ وَٱلنُّجُومُ مُسَخَّرَٰتُۢ بِأَمۡرِهِۦٓۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَأٓيَٰتٖ لِّقَوۡمٖ يَعۡقِلُونَ ١٢ وَمَا
ذَرَأَ لَكُمۡ فِي ٱلۡأَرۡضِ مُخۡتَلِفًا أَلۡوَٰنُهُۥٓۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَأٓيَةٗ لِّقَوۡمٖ يَذَّكَّرُونَ ﴾

صَدَقَ اللهُ العليُّ العَظِيمْ

الطلاق 2-3

الإهداء

إلى: روح الأكرمين الذين سبقونا في المنية والدي وأخواني وأخواتي ترحماً

زوجتي وأبنائي وبناتي وفاءاً

أصدقائي وزملائي في العمل والتخصص عرفاناً

كل من قدم لي العون والمشورة لإنجاز هذا المؤلف تقديراً

كل من سلك طريق العلم ليكمل المسيرة العلمية تكريماً

زملائي في المهنة والتخصص في أنحاء الوطن العربي تواضعاً

المحتويات

مقدمة 37

الفصل الأول

علم شكل الأرض واستخدام التقنيات الحديثة في التحليل والتحري الموقعي

المبحث الأول: الجغرافيا وعلاقتها بعلم شكل الارض والعلوم لاخرى 41
أولاً: تعريف الجغرافيا وعلاقتها بعلم شكل الارض 41
ثانياً: علاقة الجغرافيا بالعلوم الاخرى 44
المبحث الثاني: تعريف علم شكل الأرض(Geomorphology) وتطوره 45
أولاً: الخصائص العامة للكرة الارضية.. 45
ثانياً: تعريف علم شكل الارض.. 46
المبحث الثالث : الاستشعار عن بعد أو التحسس النائي(Remote Sensing) 56
أولاً: وسائل الاستشعار عن بعد 56
ثانياً: المعلومات التي توفرها أجهزة الاستشعار عن بعد 62
ثالثاً: الاستفادة من معلومات الاستشعار عن بعد في مجال علم شكل الأرض .. 64
رابعاً: تفسير الصور الجوية والفضائية لتحليل سطح الأرض: 66
المبحث الرابع: نظم المعلومات الجغرافية (GIS)Geographic Information System 68
أولاً: تعريف GIS... 68
ثانياً: اهميةGIS العلمية 71

ثالثاً: استخدام GIS في تحليل سطح الأرض: 72
1. استخدام ARC GIS في تحليل المرئيات الفضائية واستخراج شبكة الاودية .. 75
2. استخدام GIS في رسم المقاطع العرضية التضاريسية 76
3. استخدام GRASS GIS في تحليل سطح الارض.................................... 77
4. استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (D E. M) Digital Elevation Model ... 80
5. استخدام نموذج التضاريس الرقمي (D.T.M) DIGITAL TERRAIN Model ... 82
المبحث الخامس: استخدام GPS في الدراسات الجيومورفولوجية الحقلية.......... 83
أولاً: تعريف GPS واهميته 83
ثانياً: أقسام النظام 85
المبحث السادس: استخدام البرامجيات الحاسوبية في تحليل مظاهر سطح الارض ... 90
أولاً: استخدام برنامج Surfer.. 92
ثانياً: استخدام برنامج Global mapper 92
ثالثاً: استخدام برنامج Geomedia... 94
رابعاً: برنامج Watershed Modeling System (WMS) 95
خامساً: استخدام برنامج Google Earth.. 97
المبحث السابع: رسم المقاطع التضاريسية الطولية والعرضية والتمثيل
الكارتوغرافي للتضاريس الأرضية.. 98
أولاً: مقاطع عرضية 98

ثانياً: مقاطع طولية 100

ثالثاً: مقاطع عرضية للأودية الجافة ومجاري الانهار.. 100

رابعاً: مقاطع متداخلة.. 101

خامساً: مقاطع بانورامية: 102

سادساً: الاشكال البيانية 103

المبحث الثامن: الدراسة الحقلية في الجيومورفولوجيا.. 108

أولاً: تحديد منطقة الدراسة 108

ثانياً: مستلزمات الدراسة الميدانية.. 109

ثالثاً: العناصر والجوانب التي تشملها الدراسة الحقلية أو الميدانية 110

المبحث التاسع : تصنيف مظاهر السطح 112

أولاً: تصنيف مظاهرالسطح حسب العامل الرئيسي المسبب في تكوينها: 112

ثانياً: تصنيف مظاهر السطح حسب الدرجة.. 113

ثالثاً: تصنيف مظاهر سطح الأرض حسب المستوى.. 113

رابعاً: تصنيف مظاهر السطح حسب نوع العملية الجيومورفولوجية 114

خامساً: تصنيف مظاهر السطح الرئيسة حسب عامل النشأة.......................... 116

الفصل الثاني

الدراسة الموقعية لتكوينات مظاهر السطح(الصخور والتربة)

المبحث الأول: الصخور 125

أولاً: الصخور في الطبيعة واسلوب التحري عنها 125
ثانياً: انواع الصخور 129
1. الصخور النارية 129
2. الصخور الرسوبية 134
3. الصخور المتحولة 142
ثالثاً: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للصخور 144
1. التركيب المعدني 144
2. مسامية الصخور 146
3. نفاذية الصخور 147
رابعاً: التراكيب الصخرية 148
1. التراكيب الاولية 148
2. التراكيب الثانوية 163
خامساً: عناصر الضعف الصخري 169
سادساً: حماية الصخور المستخدمة في البناء من التعرية والتجوية 176
سابعاً: اوضاع الصخور في القشرة الارضية 176
ثامناً: التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية 180
1. مقاطع رأسية للطبقات الصخرية 180
2. خرائط ومقاطع للامتداد الأفقي للطبقات الصخرية 182

3. خرائط و مقاطع للامتداد المائل للطبقات الصخرية 186

المبحث الثاني: التربة 190

أولاً: تعريف التربة والتحري عنها موقعيا 190

ثانياً: خصائص التربة 199

1. الخواص الفيزيائية 199

2. الخواص الكيميائية 210

ثالثاً: علاقة خصائص التربة العامة بالنشاط البشري 213

الفصل الثالث

الانحدارات دراسة جيومورفومترية تطبيقية

المبحث الأول: تعريف الانحدارات واسلوب دراستها 221

المبحث الثاني: أنواع الانحدارات 223

أولاً: انواع الانحدارات حسب الدرجة 223

ثانياً: انواع الانحدارات حسب الشكل 226

المبحث الثالث: قياس الانحدارات 233

أولاً: طريقة القياس المباشر 234

ثانياً: طريقة القياس غير المباشر 239

ثالثاً: قياس خصائص الانحدار 241

المبحث الرابع: تمثيل الانحدارات كميا ونوعيا 246

المبحث الخامس: المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات 252
المبحث السادس: أسباب تعرض المنحدرات او السفوح للعمليات الجيومورفولوجية 264
المبحث السابع : اساليب الحد من مخاطر العمليات التي تتعرض لها السفوح 269
المبحث الثامن :تقييم الأضرار الناتجة عن البناء فوق أرض المنحدرات الضعيفة ... 279
المبحث التاسع: دراسة تطبيقية ميدانية على منحدرات بعض المظاهر السطح...... 284
أولاً : الميسات 284
ثانياً: الكثبان الرملية 290

الفصل الرابع

التعرية..أسبابها ومشاكلها وطرق قياسها

المبحث الاول: مشاكل التعرية واسباب تباين اثارها 301
المبحث الثاني: تعرية الأمطار والمياه الجارية........................ 303
أولاً: تعرية الامطار الحامضية 304
ثانياً: التعرية الناتجة عن تساقط المطر(تعرية تصادمية) 305
ثالثاً: التعرية الغطائية(الانجراف الصفيحي) 307
رابعاً: تعرية المسيلات المائية 310
خامساً: التعرية الأخدودية(الجداول) 311
سادساً: تعرية الاودية 312

سابعاً: التعرية المائية في مجاري الانهارواوديتها وكيفية الحد منها 313

المبحث الثالث: التعرية البحرية وكيفية الحد منها 318

أولاً: التعرية البحرية 318

ثانياً: حماية الشواطئ من تأثير الأمواج 323

المبحث الرابع: تعرية وتجوية المياه الجوفية 324

المبحث الخامس: التعرية الريحية وسبل الحد من أثارها 329

المبحث السادس: التعرية الجليدية 333

المبحث السابع: اثر المناخ على التعرية 335

المبحث الثامن : قياس التعرية 337

أولاً: القياسات الحقلية: 337

ثانياً : استخدام المحطات التجريبية: 346

الفصل الخامس

الأنهار..دراسة جيوهيدرومورفومترية

المبحث الأول: الخصائص المورفومترية للحوض 353

أولاً: الخصائص الهندسية.. 354

ثانياً: الخصائص الشكلية للحوض.. 358

ثالثاً: خصائص سطح الحوض.. 363

رابعاً: قياس خصائص الشبكة المائية في الحوض 369

خامساً: العوامل المؤثرة على الجريان والتصريف المائي في أحواض الانهار
والأودية الجافة 380
المبحث الثاني : التطبيقات الجيومورفومترية في دراسة وادي النهر 384
أولاً: المدرجات النهرية...385
ثانياً: البحيرات الهلالية 389
المبحث الثالث : الخصائص الجيوهيدرولوجية لقنوات او مجارى الانهار..........392
أولاً: نوع المجرى وطبيعة الجريان..392
ثانياً: أنظمة التصريف النهري...393
ثالثاً: أنماط التصريف النهري...393
رابعاً: تطور مجرى النهر...397
المبحث الرابع: التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة مجاري أو قنوات الأنهار..399
أولاً: رسم مقطع طولي لمجرى النهر 399
ثانياً: رسم مقاطع عرضية لقناة النهر 401
ثالثاً: أهمية دراسة المقاطع العرضية 405
رابعاً: تطبيقات مورفومترية في دراسة المنعطفات 407
المبحث الخامس: تطبيقات مورفومترية في دراسة الجزر النهرية 413
المبحث السادس: التطبيقات الهيدرولوجية 416
أولاً: قياس مناسيب مياه النهر 416

ثانياً: قياس تصريف المياه 422

ثالثاً: تمثيل المناسيب والتصاريف هيدروغرافيا 426

المبحث السابع: التطبيقات المورفومترية في دراسة مجاري الاودية الجافة 428

أولاً: مقارنة بين الاودية الجافة والانهار الجارية 428

ثانياً: التطبيقات المورفومترية في دراسة الاودية الجافة 429

ثالثاً: رسم مقطع طولي للوادي باستخدام نظام المواقع العالمي GPS 436

الفصل السادس

التضاريس الأرضية وتخطيط المشاريع الهندسية

المبحث الأول: المعلومات الجيومورفولوجية المتعلقة بتخطيط المشاريع الهندسية .. 443

المبحث الثاني: المشاكل التي تواجه تخطيط المشاريع الهندسية 447

أولاً: مشاكل مظاهر السطح 447

ثانياً: مشاكل التربة 447

ثالثاً: مشاكل جيولوجية 450

رابعاً: مشاكل المياه الجوفية 450

خامساً: مشاكل فيضانات الانهار 450

سادساً: مشاكل التعرية والارساب 451

المبحث الثالث: تخطيط العمران 451

أولاً: العناصر الجيومورفولوجية المؤثرة على تخطيط العمران: 451

ثانياً: اختيار المواضع الملائمة لاقامة العمران 459
المبحث الرابع: اثر التضاريس على تخطيط خدمات البنى التحتية.................... 472
أولاً: مد شبكات توزيع المياه 472
ثانياً: تخطيط شبكة توزيع الكهرباء 473
ثالثاً: تخطيط شبكات الصرف الصحي 473
رابعاً: مد شبكة الهاتف: 474
المبحث الخامس: تخطيط الطرق عبر مظاهر السطح : 474
أولاً: تخطيط طرق السيارت عبر المظاهر والتكوينات الارضية: 474
ثانياً: مكونات الطرق ومتطلباتها الأساسية: 488
المبحث السادس: تخطيط الجسور على مجاري الانهار والاودية الجافة. 491
المبحث السابع: تخطيط المطارات: 493
أولاً: انواع المطارات 493
ثانياً: العناصر التي يجب مراعاتها عند تخطيط المطارات: 494
ثالثاً: الخصائص الجيومورفولوجية لأرض المطارات.................................. 495
المبحث الثامن: ظاهرة هبوط الارض واثرها على تخطيط المشاريع الهندسية 497
أولاً: اسباب الهبوط 498
ثانياً: مظاهر الهبوط في العالم 518

الفصل السابع

التضاريس الأرضية وتخطيط مشاريع الري والبزل

المبحث الاول: انواع السدود والخزانات 529

أولاً: انواع السدود 529

ثانياً: انواع الخزانات 533

المبحث الثاني: مواقع ومواضع السدود والخزانات على الانهار والاودية الجافة. .. 534

أولاً: مواقع ومواضع السدود على الانهار 534

ثانياً: مواضع الخزانات. 541

المبحث الثالث: مشاكل السدود والخزانات المقامة على مجاري الانهار الرئيسية والاجراءات المناسبة لمواجهتها. 544

أولاً: المشاكل. 544

ثانياً: الإجراءات المناسبة للحد من اثار السدود والخزانات. 555

المبحث الرابع: مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأودية الجافة. 558

أولاً: معلومات جيومورفولوجية. 558

ثانياً: التكوينات السطحية وتحت السطحية. 560

ثالثاً: النظام الهيدرولوجي. 561

المبحث الخامس: تخطيط قنوات الري والبزل واستصلاح الأراضي. 564

أولاً: المعلومات الجيومورفولوجية. 564

ثانياً: أسس تخطيط قنوات الري والبزل واستصلاح الأراضي 567

الفصل الثامن

علاقة التضاريس الأرضية في البحث عن الموارد الطبيعية والعمليات العسكرية

المبحث الأول: دور التضاريس في البحث عن الموارد الطبيعية 575

أولاً: البحث عن الرواسب المعدنية 576

ثانياً: البحث عن البترول 579

ثالثاً: البحث عن المياه الجوفية 583

رابعاً: البحث عن الصخور. 585

خامساً: البحث عن الرمال والحصى. 586

المبحث الثاني: دور التضاريس الأرضية في العمليات العسكرية العسكري. 590

أولاً : التضاريس الارضية والعمليات العسكرية... 590

ثانياً: دور مظاهر السطح في حروب افغانستان.. 598

ثالثاً: اهمية الخرائط في مجال العمليات العسكرية 603

رابعاً: استخدام التقنيات الحديثة في العمليات العسكرية 614

الفصل التاسع

السياحة التضاريسية

المبحث الاول: اهمية السياحة ومتطلباتها... 623

أولاً: اهمية السياحة 623

ثانياً: متطلبات السياحة 623

المبحث الثاني: الاشكال الارضية السياحية 624

أولاً : المناطق الجبلية 625

ثانياً : سواحل وشواطيء البحار 627

ثالثاً : الضفاف والجزر النهرية 630

رابعاً : الرمال الصحراوية 632

خامساً : الواحات والمنخفضات الصحراوية 634

سادساً : الكهوف 636

سابعاً : الأشكال الأرضية المختلفة 639

ثامناُ الصخور 642

تاسعاً : الجزر البحرية: 644

عاشرا : الشلالات 646

احدى عشر: العيون والينابيع الطبيعية 647

فهرس الاشكال

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(1 :1)	مخطط يبين العوامل التي تسهم في تكون مظاهرسطح الارض	42
(2 :1)	يبين انواع النظم الطبيعية والبشرية التي تسهم في تكون الظواهر البشرية	43
(3 :1)	مخطط يوضح عناصر الجغرافيا وعلاقتها بالعلوم الاخرى	45
(4 :1)	مخطط لمقطع يوضح تكوينات الارض.	49
(5 :1)	مخطط يبين المجالات التي يتناولها علم شكل الأرض التطبيقي	54
(6 :1)	شكل رقم صور جوية وفضائية لسطح الارض	56
(1: 7أ)	مجموعة صور تبين انواع من الاقمار الاصطناعية	61
(1 :7ب)	صورة فوتوغرافية تبين طبيعة سطح الاض	62
(8 :1)	جهاز ستويوسكوب لتحليل الصور الجوية	66
(9 :1)	نموذج تضاريسي باستخدام GIS	74
(10 :1)	مجموعة صور تبين جزء من عمليات استخراج احواض التصريف من المرئيات الفضائية باستخدام Arc Gis.	76
(11 :1)	يبين موضع المقطع وشكله النهائي	77
(12 :1)	مجموعة صور واشكال بيانية توضح مهام GRASS GIS	78

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(1: 13)	صور توضح اسلوب رسم الخطوط الكنتورية	81
(1: 14أ)	خريطة تضاريسية	82
(1: 14ب)	خريطة موضح عليها المخاطر	83
(1: 15)	احد انواع اجهزة الاستقبال اليدوية	84
(1: 16)	مدارات الأقمار الاصطناعية	86
(1: 17)	المحطات والهوائيات وأجهزة المراقبة الأرضية	87
(1: 18)	اسلوب متابعة عمل قمر اصطناعي	88
(1: 19)	مجموعة صور توضح الية عمل برنامج surfer	91
(1: 20)	صور تبين بعض اليات عمل البرنامج	93
(1: 21).	صور توضح واجهة البرنامج واحد تطبيقاته	94
(1: 22)	صور تبين الية عمل برنامج WMS	96
(1: 23)	صورة تبين امكانية برنامج كوكل ارض في تصوير سطح الارض	97
(1: 24أ)	مقطع تضاريسي بسيط	99
(1:24ب)	مقطع تضاريسي بسيط	100
(1: 25)	خطوات رسم مقاطع متداخلة	101
(1: 26)	مقطع بانورامي للمنطقة التضاريسية في الشكل رقم (1: 24)	102
(1: 27)	هبسومتري يوضح توزيع أجزاء المناطق بالنسبة للمساحة الكلية	104

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(1: 28)	منحنى هبسومتري يوضح توزيع الماء واليابس على الكرة الارضية	105
(1: 29)	منحنى كلينوغرافي	106
(1: 30)	مراحل رسم منحنى الالتمتري	107
(2: 1)	دورة الصخور في الطبيعة	126
(2: 2)	نماذج من الصخور النارية الحامضية	130
(2: 3)	نماذج من الصخور النارية المتوسطة	131
(2: 4)	نماذج من الصخور القاعدية	132
(2: 5)	تصنيف الصخور النارية حسب النسيج والتركيب المعدني	133
(2: 6)	مقاطع متباينة لأنواع من الصخور النارية	133
(2: 7)	صخور المتكتلات والبريشا	136
(2: 8)	نماذج من الصخور الرملية	137
(2: 9)	نوع من الصخور الطينية	138
(2: 10)	نماذج من الصخور الكلسية الكيميائية	139
(2: 11)	مقاطع من الصخور الرسوبية	141
(2: 12)	نماذج من الصخور الرسوبية	141
(2: 13)	مقاطع متباينة من الصخور المتحولة	143
(2: 14)	نماذج من الصخور المتحولة	143

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(2: 15)	طبقات صخرية مباشرة	152
(2: 16)	التطبيق المتدرج	153
(2: 17أ)	نماذج من التطبيق المتقطع	154
(2:17ب)	التطبيق المتقطع المتباين الترسبات	154
(2: 18)	عدم توافق زاوي وتخالفي	156
(2: 19)	عدم توافق انقطاعي	157
(2: 20)	عدم توافق غير واضح	157
(2: 21)	عدم توافق متموج وانكساري	159
(2: 22)	العقد والفجوات	160
(2: 23)	طبقات صخرية متداخلة	161
(2: 24)	ترتيب المعادن في بعض انواع الصخور	162
(25أ ، ب)	توافق وعدم توافق امتداد الصخور في الطبقات تحت السطحية	162
(2: 26)	الفواصل واسطح الانفصال	164
(2: 27)	انواع الثنيات او الطيات	165
(2: 28)	نماذج من الطيات في صخور القشرة الارضية	165
(2: 29)	صور لفوالق	167
(2: 30)	انواع والكسور	168

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(2: 31)	انواع الكسور حسب التصانيف الجيومورفولوجية	169
(2: 32)	المعادن حسب النشأة وتأثير التجوية	171
(2: 33)	أوضاع الصخور العامة في القشرة الأرضية	178
(2: 34)	مجموعة الصور تبين نماذج من اوضاع الصخور في الطبيعة	179
(2: 35)	مقطع جيولوجي حسب الرموز الشائعة	180
(2 : 36)	خريطة التكوينات السطحية	183
(2: 37)	الامتداد الأفقي للتكوينات السطحية وتحت السطحية	183
(2: 38)	خريطة كنتورية ومقطع طولي لها وتمثيل الطبقات الصخرية	185
(2: 39)	ميل الطبقات مع الانحدار وعكسه	187
(2: 40)	تمثيل الطبقات الصخرية المائلة	188
(2: 41)	انواع الترب حسب تنوع المناخ	191
(2: 42)	مواضع فحص التربة	192
(2: 43)	توزيع التربة في منطقة الدراسة	194
(2: 44)	مقطع طولي يوضح أفاق التربة وسمكها	195
(2: 45)	مقاطع للترب المتبقية والمنقولة	196
(2: 46)	مقطع يوضح تغير أفق التربة	197
(2: 47)	جهاز تحليل التربة	202

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(2: 48)	مثلث نسجة التربة	203
(2: 49)	نفاذية الترب الطينية والرملية	207
(2: 50)	تشقق الترب الطينية	210
(2: 51)	ارض مالحة لونها ابيض	212
(3: 1)	صور تبين انواع من الانحدارات	223
(3: 2)	الانحدارات حسب الزاوية والدرجة	225
(3: 3)	الانحدارات حسب توزيع الخطوط الكنتورية	225
(3: 4)	الانحدار المنتظم	227
(3: 5)	الانحدار المقعر	228
(3: 6)	الانحدارالمحدب	228
(3: 7)	انحدار غير منتظم	229
(3: 8)	الانحدارات الجرفية المنتظمة وغير المنتظمة	230
(3: 9)	سفوح جرفيه غير منتظمة	232
(3: 10)	انحدارات متضرسة	233
(3: 11)	تغير الزوايا حسب تغير المسافة الافقية	234
(3: 12)	قياس عائق بسيط	236
(3: 13)	قياس عائق كبير	237

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(3: 14)	قياس انحدار شديد	238
(3: 15)	قياس ارتفاع الانحدارات المتدرجة	239
(3: 16)	خريطة كنتورية لقياس المسافة الرأسية والأفقية	240
(3: 17)	يوضح موضع مقطع طولي للمنحدر	242
(3: 18)	مثلث يوضح المقابل والمجاور ووتر الانحدار	243
(3: 19)	أجهزة الكلانوميتر	244
(3: 20)	جهاز البانتوميتر	245
(3: 21)	خريطة كنتورية مؤشر عليها موضع مقطع طولي	246
(3: 22)	يمثل مقطع طولي للمنحدر	248
(3: 23)	تطبيق طريقة سميث على ولاية اوهايو	249
(3: 24)	كثافة الخطوط الكنتورية وتظليل حسب شدة الانحدار	250
(3: 25)	تطبيق طريقة روبنسون على مريوط	252
(3: 26)	سقوط مكونات السفوح	254
(3: 27)	انزلاق الكتل الصخرية	256
(3: 28)	انواع الهبوط	258
(3: 29)	التدفق الطيني	259
(3: 30)	زحف مكونات السفوح	260

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(3: 31)	يبين الانهيار	262
(3: 32)	الانهيال الرملي	263
(3: 33)	تغير شكل السفوح	263
(3: 34)	امتداد الطبقات الصخرية الأفقي واثر العمليات فيها	266
(3: 35)	ميل الطبقات	267
(3: 36)	أوضاع متباينة للطبقات والكتل الصخرية	268
(3: 37)	صور توضح مواقع بعض العمليات على المنحدارت	275
(3: 38)	يوضح طبيعة استخدام نظامGPS	277
(3: 39)	مواقع المراصد فوق وأسفل المنحدر	277
(3: 40)	نموذج لأنواع الطبقات التي تستخدم في GIS	278
(3: 41)	أشكال الميسات	285
(3: 42)	مقطع طولي للطبقات الصخرية ومقطع لمواضع تغير الانحدار	286
(3: 43)	مخطط لطبيعة منحدر	288
(3: 44)	مقطع طولي للمنحدر	288
(3: 45)	تحديد نقاط نهاية القياس ومواقع المقاطع من الجهات المختلفة	289
(3: 46)	مقاطع من الكثبان الرملية الطولية	291
(3: 47)	الكثبان الرملية المستعرضة	292

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(3: 48)	تموج الكثبان الرملية	293
(3: 49)	الكثبان الرملية الهلالية	294
(4: 1)	العلاقة بين الانحدار والجريان	303
(4: 2)	يبين اثر الامطار الساقطة	306
(4: 3)	يوضح تعرية السفوح	306
(4: 4) و (4: 5)	يوضحان التعرية الغطائية	308
(4: 6)	طرق الارواء وعلاقتها بالتعرية	309
(4: 7) و (4: 8)	صورتان توضحان تعرية المسيلات المائية	310
(4: 9)	مخطط توضيحي للمسيلات المائية	310
(4: 10) و (4: 11)	صورتان توضحان التعرية الاخدودية	311
(4: 12)	مجموعة صور تبين تعرية الاودية	313
(4: 13)	يبين المراحل التي يمر بها النهر	314
(4: 14)	صورتان توضحان عمليات التعرية والارساب النهري	315
(4: 15)	موقع مسنات على ضفة نهر	316

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(4: 16)	مخطط يبين دور الجزر في تغير المجرى	317
(4: 17)	صورتان تبين طبيعة الجزر النهرية الحديثة والقديمة	317
(4: 18)	يبين طبيعة بعض انواع الشواطيء	320
(4: 19)	أوضاع الطبقات الصخرية المكونة للسواحل	321
(4: 20)	شواطيء تعرضت الى التعرية	323
(4: 21)	مجموعة صور للحفر الكارستية	325
(4: 22)	انكسار وهبوط الطبقات الواقعة فوق فجوات	328
(4: 23)	ممرات وفجوات في الصخور الجيرية	329
(4: 24)	مجموعة من صور بعض الاشكال الارضية الصحراوية	330
(4: 25)	يبين اسلوب حفر الخنادق	332
(4: 26)	صور تبين اشكال التعرية الجليدية	334
(4: 27)	الخارطة الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة	341
(4: 28)	خارطة تصريف المياه السطحية لمنطقة الدراسة	342
(4: 29)	خريطة تمثل درجات التعرية الأخدودية	344
(4: 30)	خارطة التعرية الأخدودية موضحا عليها انطقه التعرية	345
(5: 1)	أشكال الأحواض	354
(5: 2)	عجلة القياس وجهاز القياس Scalex	355

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(5: 3)	جهاز قياس الخريطة الاليكتروني Digital Map Reader	356
(5: 4)	حوض نهر موضحاً عليه طول وعرض ومحيط الحوض	358
(5: 5)	يبينان المرحلة التي فيها الحوض	366
(5: 6)	رتب المجاري المائية في الأحواض	370
(5: 7)	شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسطات ارتفاع واطوال المجاري في الأحواض	377
(5: 8)	خريطة لحوض وادي تتضمن أعداد واتجاهات المجاري	378
(5: 9)	أشكال بيانية تبين أعداد وأطوال الفوالق	379
(5: 10)	أشكال بيانية تبين اتجاه كل من المجاري والفوالق	380
(5: 11)	مواقع المدرجات بالنسبة لمجرى النهر	386
(5: 12)	يبين خطوات رسم المدرجات من الخريطة الكنترية	388
(5: 13)	مقاطع رأسية لسمك مكونات المدرجات	389
(5: 14)	مخططات تبين مراحل تكون البحيرات الهلالية	390
(5: 15)	أنماط التصريف حسب ميل الطبقات	395
(5: 16)	أشكال التصريف حسب بنية الطبقات ونوع التضاريس	397
(5: 17)	مقطع طولي لمجرى نهر	401
(5: 18)	تحديد مواقع القياس على المجرى وتقسيم المقطع الى اجزاء	403

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(5: 19)	مقطع عرضي لمجرى النهر(1/ 5/ 2002)	405
(5: 20)	الطول الحقيقي والمثالي للمجرى	409
(5: 21)	عناصر المنعطفات	409
(5: 22)	مواقع قياس عرض مجرى النهر في المنعطف	410
(5: 23)	تناظر إطراف المنعطف	411
(5: 24)	جريان تيار المياه ضمن المنعطفات	413
(5: 25)	قامات قياس المناسيب	417
(5: 26)	مقياس مناسيب المياه الآلي	419
(5: 27)	نوع من المقاييس الإلكتورنية	420
(5: 28)	مقياس المناسيب العالية	421
(5: 29)	مخطط يبين مقطع عرضي لقناة نهر	424
(5: 30)	أجهزة قياس سرعة الجريان	425
(5: 31)	شكل هيدروغراف لمناسيب المياه	426
(5: 32)	يبين طريقة القياس	431
(5: 33)	مقطع عرضي لمجرى وادي	433
(5: 34)	مقطع عرضي لوادي	433
(5: 35)	مقطع عرضي لوادي	434

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(5: 36)	مقطع عرضي لوادي	435
(5: 37)	مقطع لوادي يمر من مرحلة الشباب	435
(5: 38)	نماذج من اشكال الاودية	436
(5: 39)	مقطع طولي لوادي باستخدام GPS	437
(6: 1)	صور توضح بعض مواقع المدن الجبلية	454
(6: 2)	النمو العمراني في مدينتي عمان ومكة المكرمة	456
(6: 3)	قناة تحويل المياه خارج المدن	469
(6: 4)	خريطة مسح موضع المدينة	471
(6: 5)	انواع الطرق في المناطق الجبلية	476
(6: 6)	تخطيط الطرق في المناطق الجبلية	478
(6: 7)	مواقع الانفاق ضمن بعض التكوينات والتراكيب الصخرية	481
(6: 8)	صورة لارض سبخة	486
(6: 9)	صور توضح بعض الجسور	492
(6: 10)	بعض النماذج من المطارات متباينة المساحة	497
(6: 11)	يبين اثر الزلازل على سطح الأرض	506
(6: 12)	يوضح هبوط فى التربة نتيجة التفاوت السريع فى درجات الحرارة	510
(6: 13)	يبين هبوط التربة الانهيارية	513

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(6: 14)	يوضح حدوث تميع في التربة قرب مركز زلزال اضنة	514
(6: 15)	يوضحان انقلاب ابنية بسبب تميع التربة	515
(6: 16)	فوهة نيزكية في أريزونا الشمالية	518
(6: 17)	نماذج من هبوط الارض في الولايات المتحدة الامريكية	518
(6: 18)	مجموعة صور تبين تضرر عدد من الأبنية في الأمارات	521
(6: 19)	يوضح جانب من هبوط الارض في القاهرة	522
(7: 1)	صور لبعض انواع السدود	529
(7: 2)	انواع السدود البنائية	532
(7: 3)	انواع السدود الترابية	533
(7: 4)	صورة توضح كثافة النباتات فوق جزر وضفاف نهر الفرات بعد سد حديثة.	550
(7: 5)	يبين الجزرة التي ظهرت امام محطة ضخ المياه	551
(7: 6)	أحواض ومجاري ترسيب	557
(7: 7)	توضح خطوط التسوية الأصلية والمقترحة	565
(8: 1)	مكامن الرواسب المعدنية ضمن التراكيب الصخرية	577
(8: 2)	مكامن النفط ضمن التراكيب الصخرية المختلفة	581
(8: 3)	الرمال النهرية والبحرية والصحراوية	587

ت. الشكل	موضوع الشكل	ص
(8: 4)	مظهر سطح الأرض	591
(8: 5)	خريطة أفغانستان الطبيعية	603
(8: 6)	خريطة عسكرية تضم بعض الرموز والعلامات	610
(8: 7)	الخريطة العسكرية ورموزها	613
(8: 8)	استخدام GPS في تتبع صاروخ	617
(9: 1)	من اهم انواع الجبال السياحية في العالم	625
(9: 2)	نماذج لسواحل سياحية	628
(9: 3)	نماذج لبعض ضفاف الانهار والجزر السياحية	630
(9: 4)	انواع من الرمال الصحراوية السياحية	632
(9: 5)	بحيرات صحراوية	634
(9: 6)	انواع من الكهوف	636
(9: 7)	نماذج من الاشكال الارضية المتنوعة	639
(9: 8)	تماذج من الصخور	642
(9: 9)	انواع من الجزر البحرية	645
(9: 10)	صور لبعض انواع الشلالات في العالم	646
(9: 11)	تبين نماذج من الينابيع والعيون	647

مقدمة الطبعة الأولى

الحمدلله رب العالمين عليه نتوكل وبه نستعين والصلاة والسلام على ختام المرسلين.

ان الثورة التقنية التي شهدها العالم كانت لها انعكاسا كبيرا على العلوم الجغرافية بشكل عام وعلم شكل الارض بشكل خاص، فقد استخدمت البرامجيات والنظم والتقنيات في البحث العلمي الحقلي والتطبيقي على نطاق واسع في هذا المجال، بحيث لم يعط الفرصة لمن هو قليل الخبرة في هذا التخصص ان يجمع شتاته ويعيد كيانه، بل اصبحت الهوة بين التطور العلمي والتراجع الفكري لدى الكثير من المختصصين في الجيومورفولوجيا كبيرة، لذا انعكست اثار ذلك على عطائهم العلمي، ومن ثم تخرج دفعات كبيرة قليلة الخبرة والمعرفة في علم شكل الارض، فضلا عن تدريس تلك المادة من قبل تخصصات اخرى بعيدة عن محتوى ومفهوم هذا العلم، كما ان المؤلفات في علم شكل الارض التطبيقي والحقلي قليلة جدا، وهذا ما دفعنا الى التوجه نحو الكتابة في هذا المجال، وقد تم التطرق الى المفاهيم الاساسية التي تتعلق بذلك والخطوات الاساسية في الدراسات التطبيقية والعملية، والتقنيات الحديثة التي تستخدم في الدراسات الميدانية وتحليل المعلومات، ولغرض مواكبة ما يحدث من تطور في المجال العلمي والتقني فقد دئبنا على اصدار طبعة ثانية تضم تغيرات عدة في المفردات والفقرات، وتجاوز الاخطاء التي وردت في الطبعة الاولى، وتمت اضافة الكثير من الافكار العلمية والفصول بما ينسجم والتوجهات الحديثة، والتطبيق في الحياة العملية، فالتطور الذي حققه الانسان هو نتاج تفاعل الانسان مع عناصر البيئة الثابته والمتغيرة(الارض والمناخ) كما تم

التطـرق الى مـا اسـتجد مـن برامجيـات ونظـم وتقنيـات والـتي تسـتخدم في الدراسـات الجيومورفولوجية الحديثة ، وبما يغني الباحث العلمي الذي يحتاج الى مـا يسترشـد بـه من اجل تحقيق نتائج حقيقية في هذا المجال، حيث يعاني معظم الباحثون من مشكلة اسـتخدام اسـاليب حديثـة في دراسـة مظـاهر سـطح الارض سـواء الحقليـة اوتحليـل البيانـات والمعلومـات، لكونهـا لم تنشـر في كتـب بـل عبـارة عـن بحـوث منشـورة في مواقع الانترنت والمجلات العلمية ، ان ما تم اسـتحداثه مـن تغيرات في هـذه الطبعـة هـو بما ينسجم والتوجهات الحديثة في التركيـز علـى درسـة العلاقـة بـين انشـطة الانسـان وطبيعة التضاريس الارضية ،وكذلك استخدام انواع التقنيات والمعدات والبرامجيات في الدراسات الحقلية وتحليل البيانات والمعلومات الكمية والوصفية ، وبمـا يسـمح بـه حجم الكتاب،وهذا ما يجب مرعاته عند تأليف أي كتاب، لابد ان يضع المؤلف في الحسـبان عـدد صـفحات الكتـاب،وهــذا يشـجع المخـتص والباحـث علـى الاطـلاع والاستفادة من محتويات الكتاب.

نسـأل الله سـبحانه وتعـالى ان يوفقنـا الى مافيـه الخـيرللنـاس اجمـع ويمـدنا بالصحة في ابدننا والامان في اوطاننا ومن الله التوفيق.

المؤلف

د.خلف حسين علي الدليمي

سنة 2011

akha20022000@yahoo.com

alassaffy@gmail.com

الفصل الأول

علم شكل الأرض واستخدام التقنيات الحديثة في التحليل والتحري الموقعي

الفصل الأول
علم شكل الأرض واستخدام التقنيات الحديثة في التحليل والتحري الموقعي

المبحث الأول: الجغرافيا وعلاقتها بعلم شكل الارض والعلوم الاخرى

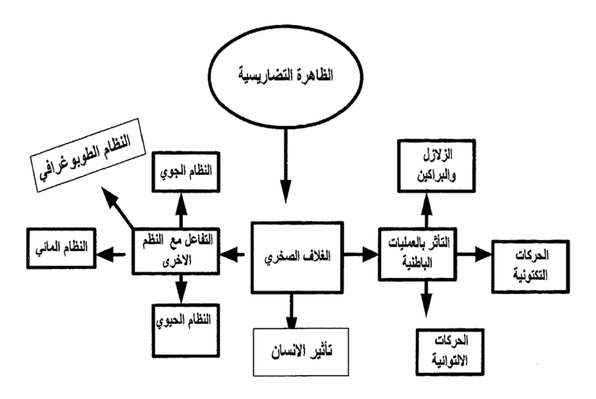
أولاً – تعريف الجغرافيا وعلاقتها بعلم شكل الارض:

الجغرافيا علم يهتم بدراسة سطح الارض من حيث الشكل والتكوين، والانسان ونشاطاته، والتفاعل بين البيئة والانسان، حيث يؤثر ويتأثر كل منهما بالاخر، ونتائج تلك التفاعلات.

وعند تحليل هذا التعريف يتضح ما يأتي:

1) الجزء الاول من التعريف دراسة سطح الارض من حيث الشكل والتكوين، ويعني الجانب الطبيعي في الجغرافيا، حيث تتم دراسة سطح الارض من حيث الشكل والتكوين والتوزيع، ومظاهرالسطح الطبيعية هي نتاج تفاعل الغلاف الصخري مع الاغلفة الاخرى وانعمليات الباطنية وفعل الانسان، شكل رقم (1 – 1) مخطط يبين العوامل التي تسهم في تكون مظاهرسطح الارض، فكل ظاهرة تتكون بتأثير عمليات التعرية اوالارساب اوكليهما، وتأثير العمليات الباطنية من زلازل وبراكين وحركات التوائية وتكتونية رافعة اوهابطة، فالمناخ له تأثير بكل عناصره من حرارة وتساقط ورياح، والمياه الجارية والجوفية والبحار والمحيطات، والثلوج، كما ان للحياة البايلوجية من نبات وحيوان دور في تشكيل بعض مظاهر سطح الارض، وكذلك الانسان فقد شارك في تغير مظهر سطح الارض بشكل مباشر وغير مباشر.

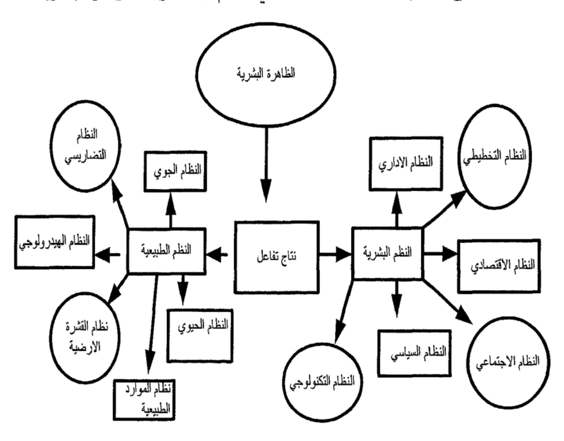
شكل رقم (1 – 1) مخطط يبين العوامل التي تسهم في تكون مظاهرسطح الارض



2) الجزء الثاني من التعريف، الانسان ونشاطاته، تهتم الجغرافيا بحياة الانسان ونشاطاته وما شهدته الحياة من تطور، حيث مارس كثيرمن الانشطة واستخدم ما اتيح له من امكانات وقدرات وافكار حتى توصل الى ماناحن عليه الان، وكل نشاط يمارسه الانسان هو نتاج تفاعل النظم البشرية مع النظم الطبيعية، شكل رقم (1 – 2) مخطط يبين انواع النظم الطبيعية والبشرية التي تسهم في تكون الظواهر البشرية.

شكل رقم (1 – 2)

يبين انواع النظم الطبيعية والبشرية التي تسهم في تكون الظواهر البشرية



3) التفاعل بين البيئة والانسان، منذ ان ولد الانسان في احضان البيئة تفاعل معها من اجل توفير متطلبات الحياة، حيث اثر كل منهما بالاخر، منذ ان خلقه الله سبحانه وتعالى كيف نفسه للعيش في البيئة التي ولد فيها، ورغم اختلاف البيئات سواء كانت مناخية (حارة – باردة – معتدلة – منجمدة، رطبة – جافة) او بيئات تضاريسية (جبال – هضاب – سهول – وديان – صحارى) ففي كل تلك البيئات يعيش الانسان، وقد عمل على استغلال الموارد الطبيعية بانواعها للتغلب على بعض الصعاب والمشاكل التي يتعرض لها، وقد استمر الانسان في التحدي حتى توصل الى اعلى التقنيات في مواجهة معظم التحديات البيئية والتأثير عليها،

رغم ان هذا التأثير زاد عن حده فانقلب ضده، على سبيل المثال التطور الصناعي وما خلفه من تلوث، والذي ادى الى ارتفاع حرارة الارض والتي اثرت على النظم البيئية وطبيعة حياة الانسان.

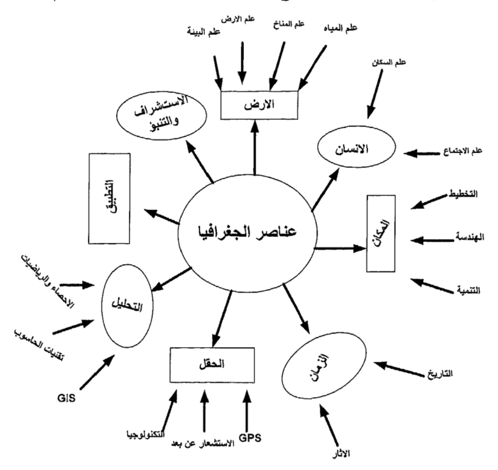
4) نتائج تلك التفاعلات: ان التفاعل بين الانسان والبيئة والتأثير المتبادل لابد ان يتمخض عنه الكثير من النتائج والمتمثلة بما يحصل عليه الانسان من مكاسب مادية ملموسة صناعية وزراعية وعمرانية وتكنولوجية، وقد ادى استغلال الانسان للامكانات المتاحة في الطبيعية الى التأثير سلبا عليها، حيث نتج عن التلوث الذي سببه الانسان وذلك للتوسع في المجال الصناعي، وازالة مساحات واسعة من الغطاء النباتي الى احداث خلل في مكونات الغلاف الجوي، اذ زادت نسبة ثاني اوكسيد الكاربون في الجو مما خلق ظاهرة الاحتباس الحراري، والتي تسببت في احداث تغير مناخي، والذي نتج عنه تغير في البيئات المناخية ومن ثم البيئات البايلوجية، وزيادة نسبة الكوارث الطبيعية.

ثانياً – علاقة الجغرافيا بالعلوم الاخرى:

تنفرد الجغرافيا عن غيرها من العلوم الاخرى بدراسة الارض والانسان، في حين تختص العلوم الاخرى اما بدراسة الانسان او الارض، وعليه ترتبط الجغرافيا بغيرها من العلوم الاخرى من خلال العناصر الاساسية التي تتشكل منها الجغرافيا، شكل رقم (1 – 3) مخطط يوضح عناصر الجغرافيا وعلاقتها بالعلوم الاخرى، حيث تتكون من العناصر الاتية:

1– الارض
2– الانسان
3– المكان
4– الزمان
5– الحقل
6– التحليل
7 – التطبيق
8 – الاستشراف والتنبؤ

شكل رقم (1 – 3) مخطط يوضح عناصر الجغرافيا وعلاقتها بالعلوم الاخرى



المبحث الثاني – تعريف علم شكل الأرض وتطوره

Geomorphology

أولاً – الخصائص العامة للكرة الارضية:

تعد الكرة الأرضية الكوكب الوحيد من بين الكواكب التي جعلها الله سبحانه وتعالى صالحة لعيش المخلوقات رغم صغر مساحتها مقارنة بكواكب أخرى تفوق مساحتها عشرات المرات، حيث تبلغ مساحتها اكثر من 510 مليون كم^2، ويحتل الماء منها حوالي 361 مليون كم^2 واليابس حوالي 149 مليون كم^2، ويبلغ

محيط الأرض العام حوالي 44 ألف كم، أما قطرها الاستوائي فيصل الى 12757كم وقطرها القطبي (بين القطبين) 12713كم، وتمثل قمة أيفرست في جبال الهملايا أعلى الجبال فوق القارات، ويصل ارتفاعها الى حوالي 8848م، في حين تمثل قمة مايونكي في جزر هاواي في المحيط الهادي أعلى قمة على سطح الكرة الأرضية ويصل ارتفاعها الى حوالي 10200م، الظاهر منها فوق سطح البحر حوالي 4200م والباقي تحت سطح البحر، أما اعمق نقطة في البحار والمحيطات فتتمثل بخندق مارينان الواقع في المحيط الهادي شمال شرق الفلبين ويصل عمقه الى اكثر من 11الف م.

ونظرا لأهمية الأرض بالنسبة للأنسان لذا اهتم بدراستها من جميع الجوانب، وظهرت عدة تخصصات شملت جميع عناصرها، وقد كان للارتباط الوثيق بين العلوم المختلفة الأثر كبير في دخول التطور العلمي والتكنولوجي الى كافة ميادين المعرفة والتي تصب جميعا في خدمة الأنسان، وعلم شكل الأرض من بين تلك العلوم التي كان نصيبها من التطور كبيرا منذ القدم، ويعد العلماء العرب والمسلمون أول من كتب في هذا المجال مثل ابن سيناء والبيروني والقزويني واخوان الصفا، وستمر التطور التقني وكان على اوجه في نهاية القرن الماضي (20) .

ثانياً – تعريف علم شكل الارض (الجيومورفولوجيا)

ان التعريف بهذا العلم يتطلب الإشارة الى معنى الجيومورفولوجيا وهي كلمة إغريقية ترجمت الى العربية بنفس الاسم، وتتكون من ثلاثة مقاطع [Geo/morpho/logy] وتعني علم شكل الأرض، ويقابلها بالانكليزية [Landform] ويتناول هذا العلم دراسة مظاهر سطح الأرض من حيث الشكل والتكوين والتوزيع

والعمليات الداخلية والخارجية التي أسهمت في تكوينها والتطور الذي تشهده تلك المظاهر بمرور الزمن، أي يتناول دراسة مظاهر السطح من الجوانب الآتية:

1) المظهر الخارجي لسطح الأرض، أو المظاهر التضاريسية في أي منطقة.

2) البيئة التي تكونت فيها المظاهر، قارية كانت أم مائية، وكيفية تكوينها.

3) القوى الخارجية والباطنية التي أسهمت في تكوين مظاهر السطح.

4) التكوينات السطحية وتحت السطحية التي يتكون منها سطح الأرض (التربة والصخور) .

5) التطور التاريخي والتغيرات التي تشهدها مظاهر السطح بمرور الزمن.

6) البنية والتركيب الجيولوجي للطبقات الصخرية التي تتكون منها القشرة الأرضية وعلاقتها بمظاهر السطح.

وتعني القشرة الأرضية [Earth Crust] الطبقة الممتدة من سطح الأرض الى عمق متوسط مابين 30—40 كم، وهو غير منتظم إذ يزداد عند المناطق الجبلية العالية ليصل الى حوالي 60 كم ويقل عند قاع المحيطات ليصل الى حوالي 5 كم، شكل رقم (1 – 4) مخطط لمقطع يبين مكونات الارض، وتتكون تلك القشرة من جزئين هما:

أ– الجزء العلوي:

يضم التكوينات الممتدة من سطح الأرض حتى عمق يتراوح مابين 10—15 كم، ويسود هذا الجزء صخور رسوبية على الأغلب تمتد فوق صخور نارية جرانيتية تسمى السيال (Sial) أي تتكون من السليكا والألمنيوم، وهي صخور حامضية

فاتحة اللون خفيفة الوزن وتنتشر على نطاق واسع في المناطق القارية وتقل عند قاع المحيطات.

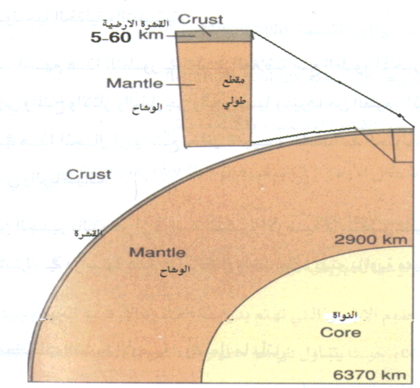
ب- الجزء السفلي:

يشمل الجزء المتبقي من القشرة الأرضية حتى الوشاح الصخري، ويتراوح سمك هذا الجزء مابين 20 – 25 كم ويتكون من صخور نارية بازلتية تسمى السيما (Sima) أي تتكون من السليكا والمغنيسيوم وهي ذات لون غامق وثقيلة الوزن.[1]

وقد ظهرت عدة مصطلحات أو تسميات مرادفة لعلم شكل الأرض منها الجيومورفولوجيا وتعد كلمة أجنبية، وهي اكثر شيوعا في الأوساط العلمية، ومظاهر سطح الأرض ومعالم سطح الأرض والتضاريس الأرضية والأشكال الأرضية.

و مظاهر سطح الأرض على اختلاف أنواعها ناتجة عن تفاعل الغلاف الصخري[Lithosphere] أو القشرة الأرضية[Earth Crust] مع كل من الغلاف الجوي[Atmosphere] والغلاف المائي [Hydrosphere] والغلاف الحيوي[Biosphere]، وتدخل الانسان، وتبقى تلك المظاهر في تطور مستمر لاستمرار عمل القوى التي أسهمت في تكوينها.

شكل رقم (1 – 4) مخطط لمقطع يوضح تكوينات الارض.



كما يتناول علم شكل الأرض دراسة طبيعة مكونات مظاهر السطح من حيث البنية أي طبيعة امتداد الطبقات الصخرية والوضع الذي تتخذه في القشرة الأرضية، والتركيب المعدني لتلك الصخور، والعمليات التي أسهمت في وجود تلك المظاهر، لذا يعد هذا العلم حلقة وصل بين الجيولوجيا والجغرافية الطبيعية، إذ يتناول الاختصاصان دراسة القشرة الأرضية ظاهريا وباطنيا.

وبمرور الزمن اتسعت دائرة البحث الجيومورفولجي وتنوعت موضوعاته وازداد عدد المهتمين به فبرز عدد من العلماء مثل ديفز وبينك وهاتون وسترايلر وكور بل وكوك وجلبرت وثورنبيري وغيرهم من الذين اغنوا هذا الاختصاص بدراسات متنوعة كان لها الأثر الكبير في تطور وتنوع هذا العلم، مثل الدراسات المورفوتكتونية والمورفومناخية المورفومترية (القياسية) وذلك باستخدام الآلات والمعدات والأساليب

الرياضية والإحصائية والحاسوب في تحليل وقياس عناصر مظاهر السطح، والجيومرفولوجيا الحقلية والتطبيقية.

وقد اسهم هذا التطور في توثيق العلاقة مع العلوم الأخرى كالتربة الهيدرولوجي والمناخ والآثار والبايلوجي والجوديسيا وغيرها من العلوم، لذا يجب على المختص في هذا المجال أن يتمتع بخلفية جيدة خاصة في الجيولوجيا والمناخ الهيدرولوجي والرياضيات.

ومن الجدير بالذكر أن دراسة القشرة الأرضية لا يقتصر على اختصاص معين بل يشترك في دراستها عدة علوم كل واحد منها يهتم بزاوية معينة ومنها ما يأتي:

1) علوم مكونات القشرة الأرضية، وتشمل ما يأتي:

أ. علم البلورات crystallography

ب. علم المعادن mineralogy

ج. علم الصخور petrology

2) علوم التراكيب الجيولوجية لمكونات القشرة القشرة الأرضية، وتضم ما يأتي:

أ. الجيولوجيا التركيبية structural geology

ب. علم الحركات الأرضية أو الجيوتكتونيك geotectonics

3) علوم تاريخ تطور القشرة الأرضية، ويشمل عدة علوم تعتمد على الحفريات paleontology ومنها ما يأتي:

أ. علم الطبقات stratigraphy

ب. علم البيئات القديمة paleoecology

ج. علم الجغرافيا القديمة paleography

د. الجيولوجيا التاريخية historical geology

4) علوم تضاريس القشرة الأرضية، وتضم ما يأتي:

أ. علم شكل الأرض (الجيومورفولوجيا) geomorphology

ب. الجوديسيا geodesy

ج. الجيولوجيا الفيزيائية physical geology

ومن العلوم الأخرى التي تهتم بدراسة القشرة الأرضية الجيولوجيا الكونية cosmography، حيث يتناول دراسة مظهر الكون وتركيبه العام ويتضمن علوم الفلك والجغرافيا والجيولوجيا.

والجيوغنوسيا geognosy وهو أحد فروع الجيولوجيا الذي يهتم بدراسة بنية الأرض الداخلية والخارجية.

ان دراسة مظاهر سطح الارض من الجوانب المهمة في علم الجغرافيا، لعلاقتها بحياة الانسان ونشاطاته، فكل نشاط بشري على سطح الارض مرتبط بعاملي التضاريس والمناخ، لذا شهد علم شكل الارض تطورا كبيرا بمرور الزمن، وتشعبت التوجهات المعرفية في هذا المجال، وقد كان للتطور التكنولوجي الدور الفاعل في تقدم الدراسات الجيومورفولوجية، وقد شمل التقدم المعرفي تطور تعريف علم شكل الارض (الجيومورفولوجيا العام) وتعريف التخصصات الدقيقة، مثل علم شكل الارض الوصفي والتطبيقي والحقلي وكما يأتي:

التعريف العام لعلم شكل الارض (الجيومورفولوجيا) : علم يهتم بدراسة مظاهر سطح الارض من حيث الشكل والتكوين والتوزيع وصفيا ومورفومتريا ، والعمليات الخارجية والباطنية التي اسهمت في تكون مظاهر السطح، وتطورها بمرور الزمن وتحول بعضها من شكل لاخر، والعلاقة بين مظاهر السطح والنشاط البشري.

ان تعريف الجيومورفولوجيا بشكل عام يضم الاتجاهات الرئيسية في دراسة مظاهر السطح والمتمثلة بالوصف والقياس والتطبيق، وهذا يعني ان الدراسات الجيومورفولوجية تتفرع الى ثلاثة انواع هي:

أ) علم شكل الارض (الجيومورفولوجيا) الوصفي: علم يهتم بدراسة مظاهر السطح من حيث النوع والتكوين والتوزيع، والعمليات الداخلية والباطنية التي اسهمت في تكوينها ، والتطور الذي شهدته تلك المظاهر بمرور الزمن، وتغير بعضها من شكل لاخر.

ب) علم شكل الارض (الجيومورفولوجيا) الحقلي: وتعني دراسة عناصر مظاهر سطح الارض دراسة (مورفومترية) قياسية تحليلية باستخدام اجهزة ومعدات وتقنيات وبرامجيات واساليب احصائية ومختبرية مختلفة، وتحليل العلاقة بين مظاهر السطح المختلفة في منطقة الدراسة، والعمليات التي تعرضت لها بمرور الزمن، وتصنيفها حسب النشأة اوالعملية التي اسهمت في تكوينها.

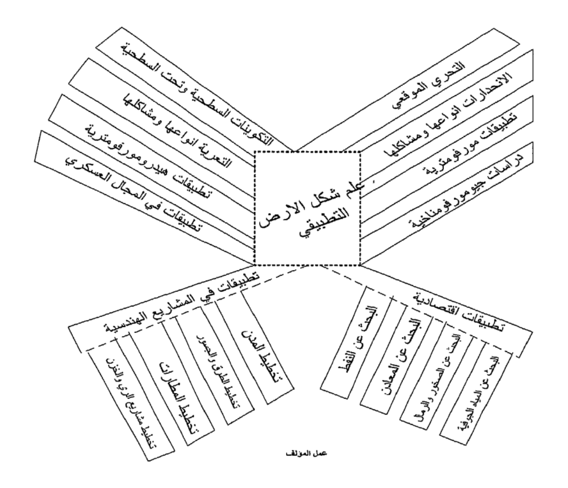
ج) علم شكل الارض (الجيومورفولوجيا) التطبيقي: علم يتناول دراسة مظاهر سطح الارض وصفيا ومورفومتريا والعمليات الجيومرفولوجية التي اثرت فيها

بمرور الزمن (تعرية – ارساب – تجوية – انزلاق – هبوط – تدفق طيني – وغير ذلك) وعلاقة ذلك بالنشاط البشري من حيث الامكانات والمحددات والمشاكل، ووضع الحلول المناسبة لمعالجة بعض تلك المشاكل.

شكل رقم (1 – 5) مخطط يوضح المجالات التي يتناولها علم شكل الأرض التطبيقي.

ومن الجدير بالذكر أن علم شكل الأرض التطبيقي ظهر متأخرا وذلك في نهاية الستينات وبداية السبعينات من القرن الماضي (العشرين) في الدول المتقدمة مثل بريطانيا وبولونيا وفرنسا والولايات المتحدة الأمريكية، وقد شهد هذا العلم تطورا كبيرا نتيجة لأهميته في الحياة العملية وفي مجالات شتى ذات علاقة مباشرة بحياة الأنسان ونشاطاته المختلفة، والدليل على ذلك ما أنجز من بحوث ومؤلفات تصب في هذا الاتجاه مثل الجيومورفولوجيا الهندسية الذي يتناول تقييم العمليات التي أسهمت في وجود الأشكال الأرضية وطبيعة سلوك وخصائص المواد الصخرية والترابية لتلك الأشكال، والعمليات والمشاكل التي تتعرض لها والتي على ضوءها يمكن تحديد المواضع المستقرة الملائمة لاقامة المشاريع المختلفة كالعمران والطرق ومشاريع الري وغيرها، والمواضع غير المستقرة التي تتعرض لمخاطر الانهيار والانزلاق والهبوط والتعرية والتي يجب الابتعاد عنها أو معالجة المشاكل التي تتعرض لها. [2]

شكل رقم (1 – 5) مخطط يبين المجالات التي يتناولها علم شكل الأرض التطبيقي



ومن البحوث التطبيقية الجيومورفولوجيا الحضرية ، الذي يتناول دراسة العلاقة بين العمران وطبيعة الأشكال الأرضية من جبال وسهول ووديان وهضاب ومدى ملاءمتها للتوسع العمراني وتوزيع استعمالات الأرض الحضرية على المواضع الملائمة لنمو المدينة بما يتلاءم وطبيعة تضاريس الموضع من ارتفاع وانخفاض وانحدار، ونوعية التكوينات ومناسيب المياه الجوفية.

وقد استمر تطور هذا التخصص فظهرت أبحاث ومقالات متنوعة وفي كافة المجالات المتعلقة في الحياة العملية وخاصة في الدول المتقدمة التي تمتلك تقنيات

حديثة استخدمت في الدراسات الجيومورفولوجية لتوفير المعلومات والبيانات ومعالجتها وتحليلها بسرعة، وعرض النتائج بأشكال مختلفة، ومن تلك التقنيات الاستشعار عن بعد وتقنيات وبرامجيات الحاسوب ونظم المعلومات الجغرافية GIG ونظام المواقع العالمي GPS، والبرامجيات المختلفة، حيث أسهمت تلك التقنيات في أعداد بحوث في كافة مجالات الجيومورفولوجيا التطبيقية والحقلية.

أما الدول النامية فلم يدخل مؤسساتها التعليمية هذا العلم الا في الآونة الأخيرة وذلك في منتصف الثمانينات، ولاتزال الكثير من تلك الدول لم يصل مؤسساتها التعليمية، وان الدول التي وصل أليها كمادة تدرس في بعض أقسام الجغرافيا ووفق منهج يشوبه التخبط لعدم توفر مؤلفات وكادر متخصص في هذا المجال، لذا بقي المفهوم الحقيقي للجيومورفولوجيا التطبيقية أو علم شكل الأرض التطبيقي غير واضح حتى لدى الأقسام المرتبط به كالجغرافيا والجيولوجيا، وساد لدي الكثير التباس وخلط بين مفهوم التطبيقي والحقلي اوالميداني، ومما زاد في هذا الغموض تدريس تلك المادة من قبل غير المختصين بها أو من اختصاصات أخري غير الجغرافيا والجيولوجيا، لذا اقروا مفردات وموضوعات لاعلاقة لها بالتطبيق لامن قريب ولا من بعيد، وقد أساء ذلك الى مفهوم هذا الاختصاص، وأعطى تصورا ومعنا ومضمونا غير حقيقي للمتعلم عن ذلك التخصص، وكل ذلك اسهم في طمس الهوية الحقيقية لهذا العلم الحيوي وظل متواريا عن الأنظار في الدول النامية، ومما زاد في المشكلة قلة المختصين في الجيومورفولوجيا الوصفية التي تمثل الأصل بالنسبة للتطبيقية، كما ان الكثير من المختصين تنقصهم الخبرة العملية، لذا اقتصرت تلك الدراسات على الجانب النظري.

المبحث الثالث – الاستشعار عن بعد (*Remote Sensing*) :

أولاً – وسائل الاستشعار عن بعد

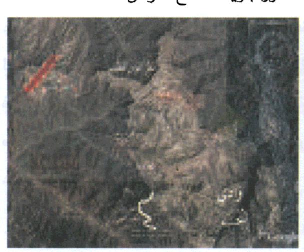
يعني الاستشعار عن بعد توفير معلومات متنوعة عن الظواهر المختلفة على سطح الأرض او في الجو دون الوصول اليها بشكل مباشر، وذلك بواسطة أجهزة الالتقاط المتنوعة، وباستخدام خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة والمنبعثة من الظواهر الأرضية أو الجوية أو المسطحات المائية، والتي تعطي صورة واضحة عن طبيعة سطح الأرض، ومن الوسائل المستخدمة في هذا المجال ما يأتي:

1- **الصور الجوية:**

وهي صور تلتقطها الطائرات بواسطة أجهزة تصوير خاصة وتكون على ارتفاعات منخفضة وبأوضاع مختلفة رأسية ومائلة حسب الغرض من الصورة، وفي كل الأحوال توضح تلك الصور طبيعة سطح الأرض وما يتضمنه من مظاهر طبيعية وبشرية على نطاق واسع، وهذا يوفر على الباحث وقت وجهد في جمع تلك المعلومات، شكل رقم (1 – 6 أ) صور جوية لسطح الأرض.

شكل رقم (1 – 6أ) صور جوية لسطح الأرض





تابع شكل رقم (1 – 6أ) صور جوية لسطح الأرض



2- الصور الفضائية:

وهي صور تلتقطها الأقمار الاصطناعية على ارتفاعات عالية جدا وتكون على درجة عالية من الدقة وتظهر المعلومات على شكل بيانات رقمية مسجلة على اسطوانات مغناطيسية او على هيئة أفلام وصور، شكل رقم (1 – 6 ب) صور فضائية لسطح الارض، وتحمل الأقمار الاصطناعية أربعة أنواع من أجهزة التقاط المعلومات من سطح الأرض هي:

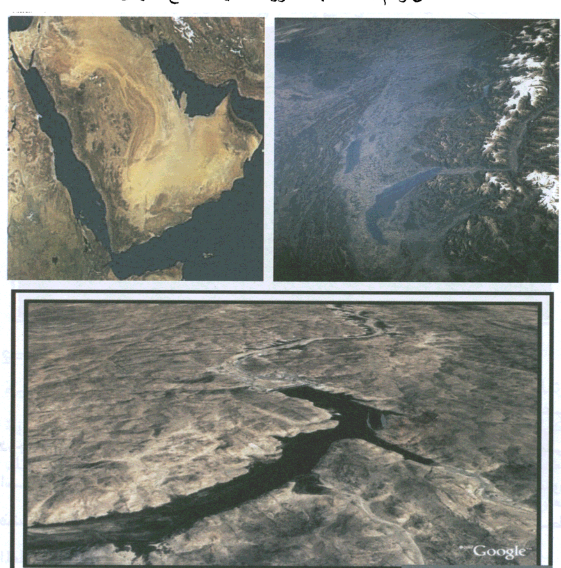
أ. أجهزة التقاط الصور.

ب. أجهزة راديوميتر متعدد الموجات

ج. راديو ميتر حراري ذو طول موجي واحد أو اكثر.

د. رادار. [3]

شكل رقم (1 – 6 ب) صور فضائية لسطح الارض



وتختلف الأقمار من دولة لأخرى وكما يأتي:

2– الأقمار الاصطناعية الأمريكية:

أطلقت أمريكا أول قمر اصطناعي خاص بدراسة الموارد الأرضية والمسمى لاندساتlandsat عام 1972 والذي يحلق على ارتفاع 920 كم ويقوم بمسح الأرض كل 18 يوم وذلك من خلال المرور في مسارات مائلة تغطي كل الكرة الأرضية،

وفي الثمانينات تم إطلاق أجيال أخرى من لاندسات اكثر تطورا من الأول، حيث توفر معلومات تغطي مساحة 185×187 كم، وتستطيع رصد الظواهر المختلفة الموجودة على سطح الأرض وعلى نطاق محدود يصل الى 30X30 م، كما أطلقت أقمار أخرى تعرف نوا NOAA والخاصة بملاحظة الظواهر الجوية وحرارة سطح الأرض ومياه البحار والمحيطات، ، وتدور تلك الأقمار على ارتفاعات مختلفة فوق سطح الأرض، ومن مميزات هذا النوع من الأقمار قدرتها على تغطية مساحات شاسعة من الأرض واعطاء بيانات يومية عن الظواهر التي تتطلب دراستها معلومات فضائية، وعلى العموم من أهم المعلومات التي توفرها تلك الأقمار مايأتي:

- ألوان مياه البحار والمحيطات والمواد العالقة بها.
- توزيع الكتل الثلجية في بعض أطراف البحار والمحيطات وخاصة في أقصى شمال وجنوب الكرة الأرضية.
- طبيعة مكونات الغلاف الجوي.
- قياس درجة الحرارة.
- قياس سرعة الرياح.
- مراقبة حركة الغيوم.
- التعرف على النبات الطبيعي.
- دراسة مظاهر سطح الأرض والتكوينات الجيولوجية.

2- الأقمار الروسية:

تتميز الأقمار الاصطناعية الروسية بدقة المعلومات التي توفرها والتي يمكن أن تكون على نطاق صغير جدا يصل الى 2X2م الا ان مثل تلك المعلومات تكون مكلفة لذا لاتستخدم ألا عند الضرورة.

3- الأقمار الفرنسية:

أطلقت فرنسا أول قمر اصطناعي عام 1986 اسمه سبوت spot والذي يحلق على ارتفاع 822 كم، وبسرعة اكثر من 26 الف كم/ساعة، و تغطي صورته 60×60 كم في التصوير الرأسي و60×80 كم في التصوير المائل، ويقوم بتصوير كل سطح الأرض خلال 26 يوم كما انه يقوم بتغطية مساحات صغيرة تصل الى 10X10م، ويتميز بدقة المعلومات التي يوفرها والتي تكون بشكل دوري عن كل منطقة مما يساعد ذلك على متابعة التطورات والتغيرات التي تحدث على سطح الأرض بشكل مستمر.

4- القمر الاصطناعي WorldView – 1

. اطلقت امريكا هذا النوع من الاقمار سنة 2007 والذي يحلق على ارتفاع 496كم ونطاق التصوير 14 ×17، 6 كم، أي حوالي 246 كم^2، ويكون ذات دقة عالية.

5- القمر الاصطناعي WorldView – 2

اطلق هذا النوع سنة 2009 وهو اكثر دقة من النوع السابق، حيث يطير على ارتفاع 770 كم وتصل مساحة التصوير الى 48 ×110 كم، وتصل دقة التصوير والوضوح الى نسبة عالية.

6- القمر الاصطناعي IKONOS

اطلق سنة 1999 ويسير بسرعة تصل الى اكثر من 26 الف كم/ساعة، وتغطي صوره مساحة تساوي 12 ×12 كم، ويعد ذا دقة عالية.

7- القمر الاصطناعي QUIK BIRD

اطلق سنة 2001 ويطير على ارتفاع 450 كم وبسرعة تصل الى اكثر من 25 الف كم/ساعة، ويصل نطاق التقاط الصور الى اكثر من 16 ×16 كم، وذات دقة عالية.

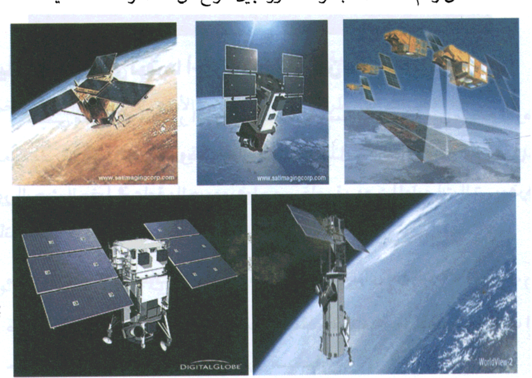
8- القمر الهندي:

أطلقت الهند قمرا اصطناعيا اسمه ارس IRS لدراسة الموارد الطبيعية الأرضية.

9- الأقمار الاصطناعية اليابانية:

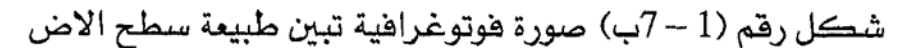
أطلقت اليابان عددا من الأقمار تسمى GMS وهي مختصة بدراسة الطقس والمناخ وبعض الأغراض الأخرى.[4] شكل رقم (1 – 7أ) مجموعة صور تبين انواع من الاقمار الاصطناعية.

شكل رقم (1 – 7أ) مجموعة صور تبين انواع من الاقمار الاصطناعية.



3- الصور الفوتوغرافية:

تستخدم انواع من الكاميرات التي تضم اجهزة تحكم تستطيع ان تلتقط صورة لمنطقة واسعة من الارض تصل الى عدة كيلومترات، فتظهر ما تضمه تلك المنطقة من مظاهر تظاريسية وخاصة المرتفعة والمنبسطة، شكل رقم (1 – 7ب) صورة فوتوغرافية تبين طبيعة سطح الاض لمسافة تصل الى اكثر من 2كم.



شكل رقم (1 – 7ب) صورة فوتوغرافية تبين طبيعة سطح الاض



ثانياً– المعلومات التي توفرها أجهزة الاستشعار عن بعد

تغطي معلومات الصور الجوية والفضائية مساحة واسعة من سطح الأرض يصعب على الباحث توفيرها وبأشكال مختلفة، لذا كان لها الإسهام الفاعل في تطور البحث الجغرافي عامة والجيومورفولوجي خاصة، ومن المعلومات التي يوفرها مايأتي:

1) معلومات عن التكوينات السطحية وتحت السطحية، أي عن التربة والصخور.

2) طبيعة سطح الأرض وما يتضمنه من مظاهر مختلفة، ويتم ترجمة ذلك الى خرائط طوبوغرافية للمناطق التي جرى مسحها.

3) تحليل الأرض حسب الغرض من الدراسة ، للتخطيط أو التنمية أو البحث عن الموارد أو للأغراض العسكرية.

4) طبيعة النشاط البشري القائم على ارض منطقة الدراسة ونوع استعمالات الأرض بالنسبة للاستيطان والذي يكون كما يأتي:

أ. الاستيطان الحضري ويشمل مايأتي:

- أنماط التوسع العمراني.
- استعمالات الأرض الحضرية.
- مورفولوجية المدينة. (مظهر المدينة العمراني والتخطيطي)
- طبيعة المرور والمواصلات في المدينة.

ب. الاستيطان الريفي ويشمل ما يأتي:

- أنماط الاستيطان الريفي.
- الأنماط الزراعية في منطقة الدراسة.
- التغيرات التي طرأت على استعمالات الأرض الزراعية بين فترة وأخرى.

5) مسوحات ديموغرافية عن التركزات السكانية وتبعثرها.

6) العمليات الجيومورفولوجية المختلفة التي حدثت في منطقة الدراسة كالتعرية والارساب والانهيار والهبوط وغيرها.

7) النظام الهيدرولوجي. تظهر الصور الفضائية والجوية انماط التصريف وانواعه ومنسوب المياه الجوفية في منطقة الدراسة .

8) طبيعة الانحدارات في منطقة الدراسة. توضح الصور الفضائية والجوية طبيعة الانحدارات في منطقة الدراسة والعمليات الجيومورفولوجية التي تتعرض لها ومخاطرها .

ومن الجدير بالذكر أن المعلومات التي توفرها وسائل الاستشعار عن بعد على درجة عالية من الدقة لتطور أجهزة الالتقاط والتفسير، وتكون تلك المعلومات على نوعين مورفومترية (قياسية) وتفسيرية أو وصفية، الأولى تتناول معلومات تتعلق بالموضع الدقيق للظواهر الطبيعية، ويمكن استنباطها من الخرائط الطوبوغرافية المنتجة من الصور الجوية والفضائية، أما التفسيرية ذات طبيعة موضوعية ومبنية على التفسير الشخصي للخيالات التي توفرها الصور، ويمكن استخدام الحاسوب في تحليل الخيالات التي تعطي معلومات وفيرة عن منطقة الدراسة.[5]

ثالثاً – الاستفادة من معلومات الاستشعار عن بعد في مجال علم شكل الأرض .

1) تخطيط وتوزيع أعمال التحري الموقعي في منطقة الدراسة ليشمل جميع الجوانب الطبيعية والبشرية اعتمادا على معلومات الصور الجوية والفضائية الخاصة بتلك المنطقة، كما يحدد على ضوئها حركة أجهزة وفرق التحري الموقعي، لذا تسهل عملية الدراسات الميدانية.

2) تحديد مواقع الموارد الطبيعية المختلفة التي يمكن الاستفادة منها في الأنشطة المختلفة .

3) طبيعة النظام الهيدرولوجي في منطقة الدراسة بنوعيه السطحي والجوفي .

4) معرفة المناطق المستقرة وغير المستقرة في سفوح المرتفعات، أي تحديد المناطق التي تتعرض للانزلاق والانهيار في الوقت الحاضر، أو تعرضت له في الماضي أو

ستتعرض له مستقبلا ، كما توضح التطورات التي شهدتها المنطقة من خلال المقارنة بين الصور القديمة والحديثة لتلك المنطقة .

5) توضيح التطورات التاريخية التي يشهدها آي موقع من خلال المقارنة بين الشواهد التي توضح الاستخدامات القديمة والحديثة للموقع، وما حدث فيها من تغيرات، مثل مناطق غابات تتحول الى مناطق عمرانية أو زراعية ، أو مناطق طمر صحي الى عمرانية ، وغير ذلك من تغيرات في استعمالات الأرض .

6) إظهار المجاري القديمة المطمورة للأنهار ، والأخاديد المملوءة بالترسبات، وأنماط التصريف المشوشة ، والخوانق وفوهات المناجم المهجورة.

7) معرفة أشكال السطح والبنية الجيولوجية في منطقة الدراسة والمناطق المجاورة لها.

8) توفير خرائط متنوعة يستفاد منها في مجالات عده منها مايأتي:

أ. خرائط خاصة بتخطيط المشاريع الهندسية المختلفة كالطرق والجسور ومشاريع الري وتخطيط المدن والموانئ وسكك الحديد.

ب. خرائط كنتورية توضح طبيعة الوضع الطوبوغرافي في آي منطقة يتم دراستها.

ج. خرائط تفصيلية لمساحات صغيرة يستفاد منها في مجالات محددة.

د. خرائط تفصيلية يستفاد منها في العمليات العسكرية تؤشر عليها أماكن تجمع قوات العدو ومواقع الأسلحة الستراتيجية والذخيرة والمطارات، وطبيعة ارض العدو والمعوقات والإمكانات في تلك المواقع.

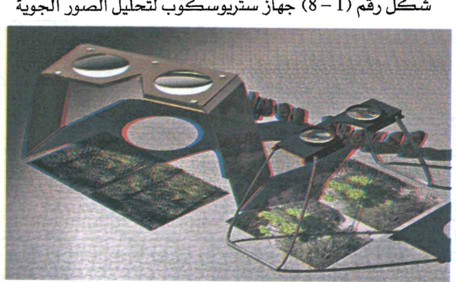
هـ. خرائط توضح التكوينات السطحية وتحت السطحية والخصائص البايلوجية لمنطقة الدراسة.[6]

رابعاً – تفسير الصور الجوية والفضائية لتحليل سطح الأرض:

أن دراسة عناصر سطح الأرض من الجوانب التي تهم المختص في التربة والجيولوجيا والهندسة والجغرافيا والتخطيط الحضري والإقليمي والزراعة والمناخ والعمليات العسكرية، حيث يتم التعرف على شكل التضاريس الأرضية في المنطقة التي تضمها تلك الصور من خلال تحليلها، فتظهر الجبال والوديان والسهول والمصاطب أو المدرجات وطبيعة التصريف المائي وأنماط التصريف، والتعرية حسب العامل المسبب لها، ونوع الانحدارات، ونوع الرواسب.

وتكون معلومات صور الاستشعار عن بعد المتعلقة بسطح الأرض على نوعين هي مورفومترية رقمية أي قياسية وتفسيرية أي وصفية، حيث ترتبط معلومات النوع الأول بالموضع الدقيق للظواهر الطبيعية، وينتج من تحليل الصور خرائط طوبوغرافية، تتضمن بيانات عن ابعاد مظاهر السطح من ارتفاع وسعة ومساحة وتستخدم في عملية تحليل الصور الجوية والفضائية اجهزة خاصة ومن انواعها القديمة جهاز ستريو سكوب، شكل رقم (1 – 8) جهاز ستريوسكوب لتحليل الصور الجوية.

شكل رقم (1 – 8) جهاز ستريوسكوب لتحليل الصور الجوية



آمـا النـوع الثـاني مـن المعلومـات فيكـون ذات طبيعـة موضـوعية وتعتمـد علـى التفسير الشخصي للخيالات الملتقطة.

ولغرض الحصول على صور جوية وفضائية لسطح الأرض واضحة تم صنع عدة أجهزة خاصة كان أولها منظومة تصويرITEK نوع S – 190A متعدد الأطياف عام 1970 ، والـذي يتضـمن أجهـزة تصـوير صـغيرة الأبعـاد (70) ملـم، وتـوفر تلك الأجهـزة أربع لقطات أو صور أحادية غير ملونـة، وفي عـام 1976 تم تطـوير هـذا الجهـاز وظهـر نوع S – 190B.

وفيمـا بعـد اسـتمر إنتـاج الأجهـزة المتخصصـة بهـذا المجـال ومنهـا جهـاز RMK ذات أبعـاد 23×23ملم وبعـد بؤري 30 سـم، ثم جهاز ITEK – LFC وابعاده 23×46ملم، وبعد بؤري 30 سم.

وعلـى العمـوم أن الحصـول علـى الخـرائط الطوبوغرافيـة يكـون مـن الصـور الجوية والفضائية بمصادرها المتنوعة ومنها ما يأتي:

1) الصور الجوية
2) الصور الفضائية من الأقمار الاصطناعية
3) صور مكوك الفضاء
4) خيالات الماسحات الجوية والفضائية
5) خيـالات الـرادار الجـانبي، وتشـمل خيـالات الـرادارات الجانبيـة المنقولـة جـوا بالطائرات والمنقولة بواسطة الأقمار الاصطناعية.[7]

المبحث الرابع – نظم المعلومات الجغرافية

(*GIS*) *Geographic Information Systems*

أولاً – تعريف GIS

ان استخدام نظم المعلومات يكون في اتجاهين، الاول انها برامج لها القابلية على خزن كمية كبيرة من المعلومات المختلفة، لذا تمثل قاعدة بيانات يتم الرجوع اليها عند الحاجة، وعليه قامت بعض الدول بانشاء مركز خاص يسمى مركز نظم المعلومات، والذي مهمته عمل قواعد بيانات مكانية متنوعة، يستفاد منها اصحاب القرار والباحثون، والتي يتم تحديثها بين فترة واخرى.

اما الاتجاه الثاني انها برامج تستخدم لتحليل المعلومات والبيانات التي يتم ادخالها واخراجها باشكال متعددة مكتوبة ومرئية ومرسومة وممثلة باشكال بيانية، كما انها تمثل وتقنية متطورة تستخدم في ادارة الخدمات المختلفة مثل الماء والكهرباء.

وتوجد تعاريف عدة لنظم المعلومات منها ما يأتي:

أ) GIS هي برامجيات حاسوب متطورة لها القدرة على تنظيم البيانات والمعلومات الكمية والوصفية وتحليلها وخزنها واخراجها باشكال مختلفة، وهذا ما يميزها عن غيرها من البرامج الحاسوبية الاخرى، و تستخدم في تحليل وعرض المعلومات المتعلقة بسطح وباطن الأرض، أي مظاهر السطح واستعمالات الأرض والموارد الطبيعية ونشطات الأنسان فوق الأرض، والعمليات التي تحدث في باطن الأرض.[8]

ب) GIS نمط تطبيقي لتقنيات الحاسب الآلي بشقيه الأساسين المتمثلة بمكونات الحاسوب والبرامجيات، والتي تسمح بحصر وتخزين ومعالجة المعلومات والبيانات وأخراجها في أشكال متعددة، مثل الخرائط والابعاد الثلاثية للمظاهر المختلفة، والاشكال البيانية والخرائط الكمية والنوعية والجداول والنصوص، وهذا يعني أن GIS برامج حاسوبية لعمل خرائط وبألوان مختلطة، كما أنها أداة تحليلية تقوم باستثمار المعلومات التي تصف أماكن معينة من سطح الأرض وتحويلها الى بيانات يستفاد منها في الحياة العملية، وتسمح بتحديد وتعريف العلاقات المكانية بين مكونات الخريطة.

وتقوم GIS بتخزين خرائط أو صور جوية وفضائية، ومعلومات يمكن بواسطتها رسم أي شكل يحتاجه الباحث وفقا للتطبيق الذي يرغب في استخدامه.[9]

ج) GIS وسيلة أو أداة حاسوبية لربط وتحليل المظاهر الموجود على الأرض، وكذلك الأحداث التي تقع فوقها، وتجمع تقنية المعلومات الجغرافية بين عمليات قواعد المعلومات الشائعة مثل البحث والتحليل الإحصائي وبين الفوائد الفريدة التي تقدمها الخرائط من التطور والتحليل الجغرافي، وتميزت النظم بهذه القدرات عن النظم الأخرى فجعلها ذات قيمة عالية لشريحة واسعة من الناس والشركات والمؤسسات لشرح الأحداث وتخمين ما سيحدث وفهم إستراتيجية التخطيط الصحيح.[10]

ويتضح من التعاريف السابقة ان نظم المعلومات الجغرافية هي برامج حاسوبية متطورة وتتطور بشكل مستمر وسريع وذات قدرة عالية على تنظيم وادخال البيانات والمعلومات الكمية والوصفية ومعالجتها وتحليلها بطرق واساليب متنوعة وخزنها وعرضها باشكال مختلفة مرئية ومصورة ومكتوبة، وتستخدم في كل مجالات

الحياة دون استثناء، وسميت بنظم المعلومات الجغرافية لانها تعتمد على معلومات ذات طابع مكاني.

وعليه تعد GIS تكنولوجيا متكاملة حيث أدت الابتكارات والتطورات التي شهدتها الى جعلها تؤدي دوراً مهماً في ظل تكنولوجيا متكاملة أدت الى ربط عدد من البرامجيات المنفصلة في مشروع متكامل كبير يجمع تلك الأجزاء، لذا ظهرت GIS كتقنية قوية جداً ساعدت الباحثين في المجالات المختلفة على إكمال بياناتهم ونماذجهم في طرق وأساليب اسهمت مع الأشكال التقليدية في التحليل الشامل للبيانات والمعلومات المتنوعة، مثل خريطة تصدر لتحليل أنماط جديدة وجيدة، وبواسطة التحليل والنماذج المتاحة في البرامج، والتي لايمكن أنجازها بالطرق اليدوية او البرامج الاخرى.

فبواسطة GIS يمكن استخدام خريطة مود يل أو نموذج شامل، وتحليل كميات كبيرة من البيانات تحمل سوية ضمن قاعدة بيانات منفردة في البرنامج.

وGIS برامج متكاملة وواضحة الأثر في أصلها، وان تطورها أعتمد على ابتكارات استخدمت في تطبيقات مختلفة وعديدة، جغرافية، كارتوغرافية، استشعار عن بعد، المساحة، الجوديسيا، الهندسة، علم السكان، بحوث عمليات، والعديد من العلوم الأخرى اجتماعية وطبيعية وهندسية.

ويعد ARC GIS هو القائد في حقل GIS والذي تم استعماله على نطاق واسع منذ عام 1990، حيث كانت بداية عمل GIS بواسطة اثنين من منتجاتها المهمة وهي ARC/INFO وMAP/INFO، وARC يستمد قوته من هذه البرامج بواسطة GIS view ARC وأدوات GIS الأخرى، وخرائط متخصصة، ويمكن أن تقدم GISخدمات في مجالات عدة منها:

1) إدارة الوسائل، المصادر الطبيعية، المصادر الاقتصادية، تحذير من مخاطر، أنظمة نقل.

2) تخطيط وتوزيع حالات، مثل السكان، متغيرات اجتماعية واقتصادية والزراعة، التطور حضري، استعمالات الأرض، النقل، تلوث بيئي، بنى تحتية.

3) اكتشاف مواقع بعيدة للعمل، الصناعة، وسائل عامة.

وتستطيع برامجARC أن تطور خرائط أساسية لمقاطعة أو مدينة تضع المستخدم على المسار الصحيح لتطوير طبقات GIS لادارة أي نوع من بيانات أولية، للطرق، ملكية، ضرائب، استجابة طوارئ، نمو سكاني، استعمال ارض، تنظيف، هيدرولوجي، إدارة مصادر، وغير ذلك.

GIS برامج تستخدم لتجميع وخزن وتحرير ومعالجة وتحليل وعرض معلومات بمراجع جغرافية قدمت وفقا لموقعها، وتشمل تطبيقات GIS كل مجالات الحياة.[11]

ثانياً – اهمية GIS العلمية:

1) دمج البيانات والمعلومات الطبيعية والبشرية مع بعضها، و توثيق العلاقة بين الجغرافيا والعلوم المتداخلة معها كالتربة والنبات والهيدرلوجي والجيولوجي والاجتماع والاقتصاد والتخطيط والهندسة.

2) تمثل إطار متقدم في تحليل البيانات الجغرافية بنوعيها الكمية والوصفية، وهذا ما تنفرد به نظم المعلومات الجغرافية في قدرتها على تحليل تلك المعلومات في وقت واحد.

3) تحسين القدرة في فهم النمط والعمليات المكانية، وبطريقة أكثر علمية وعملية، والتي أسهمت في نقل الجغرافيا الى مكانة جديدة جعلتها اكثر فاعلية في المجتمع وفي مجالات تطبيقية متعددة.

4) دمج كم هائل من المعلومات أو البيانات المكانية ، وأنواع أخرى من الصفات والخصائص غير المكانية في نظام واحد ، والتي تعالج بسرعة كبيرة فتوفر جهداً ووقتاً وكلفتا.

5) عرض المعلومات الجغرافية بطريقة رقمية مترجمة الى خرائط، ويعد ذلك أكثر قبولاً في المجال العلمي من الجداول، والتي من خلالها يتمكن الباحث من قراءة الخريطة وتحليل وتفسير محتوياتها.

6) تعبر GIS عن دخول التقنيات الحديثة في المجال الجغرافي وهذا مهم جداً لمواكبة التطور العلمي والتكنولوجي الذي يشهده العالم ، وقدرة الجغرافيا على منافسة العلوم الأخرى في استيعاب التقنيات الحديثة وكذلك شعور العاملين في هذا المجال بأنهم قادرين على استيعاب ما يشهده العالم من تطور واستخدام للتقنيات الحديثة في العلوم المختلفة ، والانتقال من سرد أو وصف الحقائق الى تطبيق عملي وميداني يستفاد منه الأنسان في نشاطاته المختلفة.

7) تعمل GIS على خلق علاقات بين الأنشطة الاقتصادية والعمرانية ، حيث توجد علاقات غير منظورة يمكن ترجمتها الى أشكال بيانية ومخططات يسهل فهمها.

8) تعد GIS وسيلة جيدة لتحليل وادارة البيئة.[12]

ثالثاً – استخدام GIS في تحليل سطح الأرض:

تستخدم GIS في تطبيقات متنوعة ومجالات مختلفة ، ورغم اختلافها ألا أنها تجمعها صفة البعد المكاني، والذي يعد العنصر الأساسي الذي منه تبدأ عملية التحليل، بعد توفر المعلومات على شكل خرائط أو طبقات، ولغرض تحقيق نتائج حقيقية لابد أن تتوفر المعلومات الأساسية التي تتعلق بالأرض ومنها ما يأتي:

أ) شبكة جوديسية لتوفير مرجع أحداثي دقيق، أو إحداثيات جغرافية (خطوط الطول ودوائر العرض) .

ب) قاعدة بيانات طوبوغرافية والتي بواسطتها يمكن ربط المعلومات الجغرافية الأخرى ببعضها.

ج) بيانات عن مسح الأرض والتي تكون مرجعا لاستعمالات الأرض وملكيتها، ومعلومات ديموغرافية متنوعة.[13]

وتستخدم نظم المعلومات على نطاق واسع في تحليل مظاهر سطح الأرض والتعرف على نوع التضاريس في منطقة الدراسة، حيث تضم المعلومات التي توفرها برامج تلك النظم بيانات مكانية مورفومترية أي قياسية تشمل أبعاد تلك المظاهر وطبيعة الانحدار، وبيانات وصفية عن موقع وموضع الظواهر وعلاقتها بما يحيط بها.

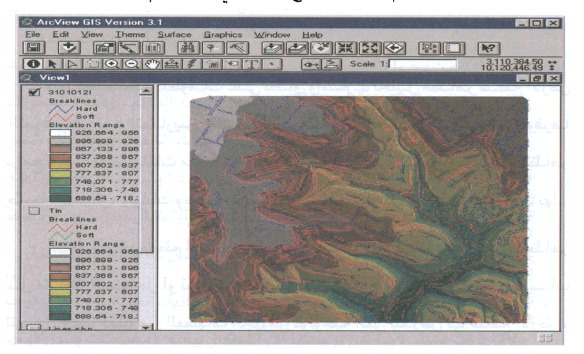
كما تستخدم نظم المعلومات في متابعة التطورات التي تشهدها بعض المظاهر مثل مناطق السواحل أو تحرك الكثبان الرملية أو عمليات التعرية والارساب النهري، وغير ذلك من العمليات الجيومورفولوجية التي يتعرض لها سطح الأرض، حيث تمتلك نظم المعلومات قابليات وقدرات لا تمتلكها النظم والبرامجيات الأخرى مما أعطى مرونة كبيرة في امكانية استخدامها في مجالات عدة.

ومن تلك القدرات تحليل نموذج التضاريس الرقمي DIGITAL TERRAIN ANALYSIS

اذ تستطيع برامج GIS بناء نماذج ثلاثية الأبعاد للموضع الجغرافي عندها يمكن تمثيل طوبوغرافية هذا الموضع بنموذج بيانات (إحداثيات) س، ع، ص، (X ،Y ،Z) ويعرف بأسم نموذج التضاريس أو الارتفاع الرقمي DIGITAL TERRAIN OR ELEVATION MODEL ويشار أليه اختصارا بالأحرف

(DTMوأDEM) ، شكل رقم (1 – 9) يبين استخدام GIS في تحليل سطح الارض، ويمكن استخدام البيانات المشتقة من نموذج التضاريس الرقمي والارتفاعات الرقمية في تحليل الظواهر البيئية ومواقع المشاريع الهندسية التي تتأثر دراستها بالارتفاع أو الميل كما في دراسة الغابات والتعرية الارساب النهري.

شكل رقم (1 – 9) نموذج تضاريسي باستخدام GIS



وتسمح إمكانيات البرنامج للإظهار البصري في الحاسوب بعرض نموذج التضاريس الرقمي في شكل ثلاثي الأبعاد من أية زاوية مطلوبة، على سبيل المثال يستطيع المهندسون استخدام نموذج الارتفاع الرقمي لمعرفة الأسلوب المناسب في حجب منشأ جديد عن التضاريس المحيطة، مثل منجم مفتوح وتقدير كمية الحجب الإضافي اللازمة لأخفاء المنشأة أو تقليل مستويات الضجيج الناجمة عنه.[14]

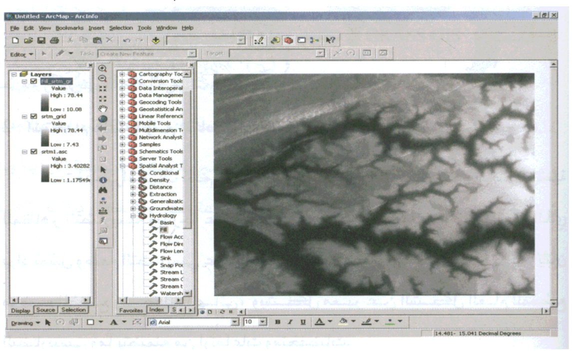
ويستخدم نموج التضاريس الارضي في دراسة المخاطر التي تتعرض لها المنحدرات، وتحديد المواضع الخطرة وما تسببه من مشاكل ومخاطر واضرار

للانشطة القريبة منها ، وسوف يتم تناول طرق استخدام النظم في مجال تحليل سطح الارض:

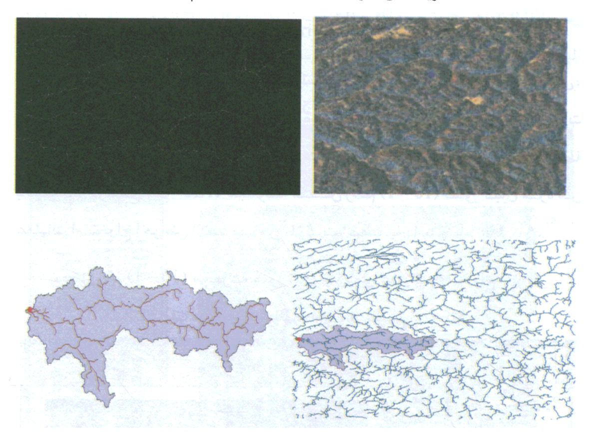
1- استخدام ARC GIS في تحليل المرئيات الفضائية واستخراج شبكة الاودية

وقد تطورت تقنيات النظم كثيرا واتسع نطاق استخدامها في مجالات شتى، حيث تستخدم في استخراج شبكات تصريف الاحواض النهرية والاودية من المرئيات الفضائية بسهولة وبدرجة وضوح عالية الدقة ، وخلال زمن قصير وخطوات بسيطة باستخدام برنامج Arc Gis ، مجموعة شكل رقم (1 – 10) صور تبين جزء من عمليات استخراج احواض التصريف من المرئيات الفضائية باستخدام Arc Gis. [15]

شكل رقم (1 – 10) مجموعة صور تبين جزء من عمليات استخراج احواض التصريف من المرئيات الفضائية باستخدام Arc Gis.

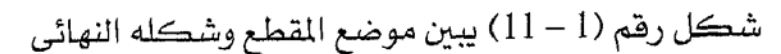


تابع شكل رقم (1 – 10) مجموعة صور تبين جزء من عمليات استخراج احواض التصريف من المرئيات الفضائية باستخدام Arc Gis.

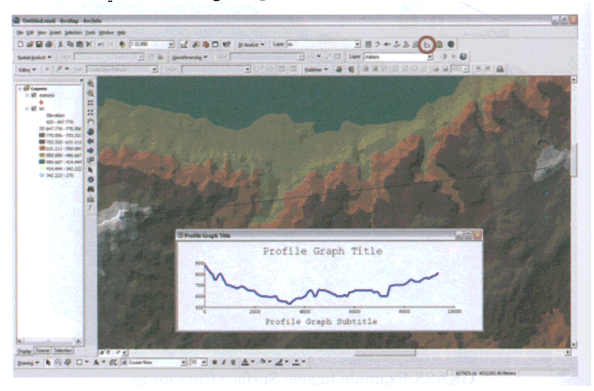


2– استخدام GIS في رسم المقاطع العرضية التضاريسية

تستخدم برامجيات نظم المعلومات وخاصة ArcGis في رسم مقاطع عرضية للمظاهر التضاريسية وبدرجة عالية من الدقة، حيث يتم تحديد موضع المقطع الذي يراد تمثيل وضعه التضاريسي على الخريطة التضاريسية، شكل رقم (1 – 11) يبين موضع المقطع وشكله النهائي، وبشكل معبر عن الشكل العام للمقطع التضارييسي وما يتضمنه من ارتفاعات ومنخفضات.



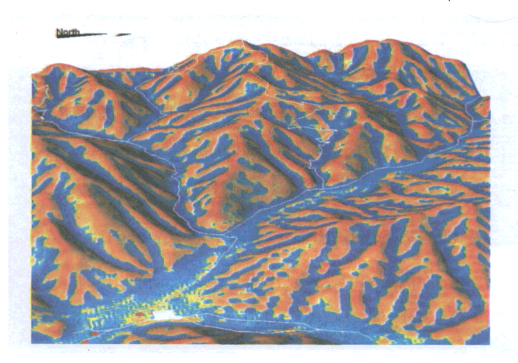
شكل رقم (1 – 11) يبين موضع المقطع وشكله النهائي



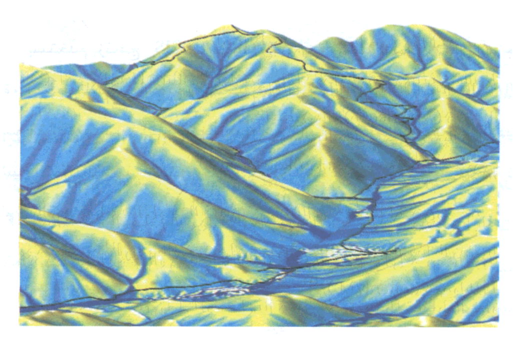
3- استخدام GRASS GIS في تحليل سطح الارض

يستخدم برنامج GRASS GIS في دراسة وتحليل سطح الارض من جوانب عدة ، حيث يمتلك البرنامج قدرات كبيرة في تحليل مظاهر السطح الجبلية والاودية ورسم مقاطع عرضية لها ، كما يستخدم البرنامج في تحليل شبكة الاودية وفي توضيح الابعاد الثلاثية ، شكل رقم (1 – 12) مجموعة صور واشكال بيانية توضح مهام البرنامج.(16)

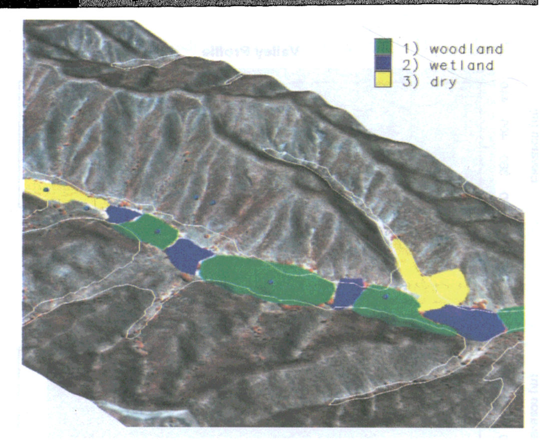
شكل رقم (1 – 12) مجموعة صور واشكال بيانية توضح مهام GRASS GIS .



GRASS Example Image: Surface Curvatures

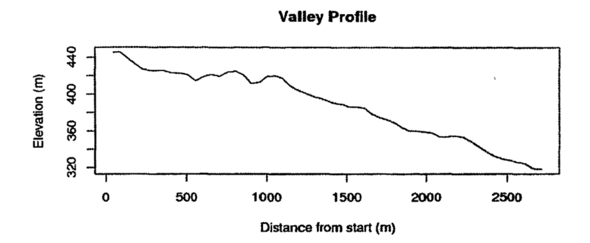


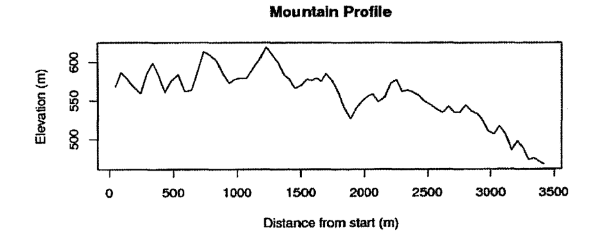
GRASS Example Image: Flow Accumulation



GRASS Example Image: 3D Visualization of Data



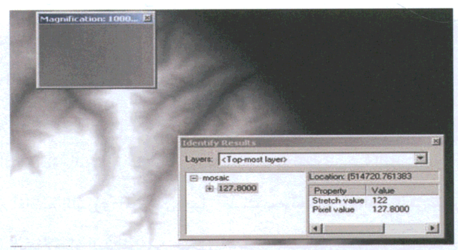




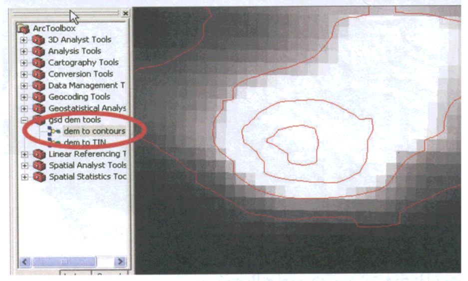
4- استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (D. E. M) في تحليل مظاهر السطح

يستخدم نموذج الارتفاعات الرقمي Digital Elevation Model (D E M) في رسم الخطوط الكنتورية اعتمادا على البيانات التي يتم توفيرها عن منطقة الدراسة وخاصة الرقمية، شكل رقم (1 – 17) صور توضح اسلوب رسم الخطوط الكنتورية.[17]

شكل رقم (1 – 13) صور توضح اسلوب رسم الخطوط الكنتورية







5– استخدام نموذج التضاريس الرقمي (D. T. M) في تحليل التضاريس الارضية

يستخدم البرنامج DIGITAL TERRAIN Model في تحليل مظاهر السطح، حيث يتم اعداد خرائط طوبوغرافية واضحة المعالم، شكل رقم (1 – 18أ) خريطة تضاريسية، ويعمل البرنامج على رسم مقاطع عرضية وطولية لمظاهر السطح وتحديد المواضع الشديدة والبطيئة الانحدار والمخاطر التي تتعرض لها التضاريس الارضية باستخدام الماسح الليزري المحمول جوا، حيث يتم تحديد المناطق التي تتعرض الى الانهيار او الانزلاق او التدفق، من خلال التحليل المكاني لخرائط منطقة الدراسة وبالاعتماد على تحليل التضاريس الرقمي فتظهر خرائط موضعية تبين بدقة مواضع المناطق الخطرة، شكل رقم (1 – 18ب) خريطة موضح عليها المخاطر.[18]

شكل رقم (1 – 14) خريطة تضاريسية



شكل رقم (1 – 18ب) خريطة موضح عليها المخاطر

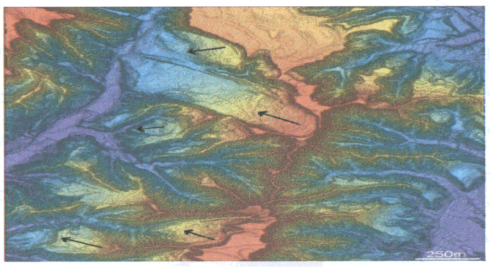


Figure 5. Landslide topography of Chuetsu-district in Niigata

المبحث الخامس – استخدام *GPS* في دراسات علم شكل الارض الحقلي

أولاً – تعريف GPS واهميته

تعد البيانات التي يتم الحصول عليها من أقمار تحديد المواقع العالمي GLOBAL POSTINING SYSTEM من مصادر المعلومات المهمة التي تعتمد عليها GIS ، والتي لا تقتصر على الأغراض العسكرية والملاحية فقط بل يستفيد منها الباحثون في مجالات متعددة، ولا يحتاج ذلك الى جهود كبيرة، ويقتصرعلى استخدام أجهزة يدوية سهلة الاستعمال مثل motarola LDT1ooo، شكل رقم (1 – 13) احد انواع اجهزة الاستقبال اليدوية، والتي من خلالها يمكن الحصول على ما يأتي:

أ. الإحداثيات الجغرافية للموقع (خطوط الطول ودوائر العرض)

ب. ارتفاع الموضع عن مستوى سطح البحر.

ج. اتجاه وسرعة المركبات والسفن والطائرات التي يتم تتبعها بواسطة هذا النظام.

د. المسار الخطي للمركبات والطائرات والسفن الى الهدف المحدد لها.

ه. تقدير وقت الوصول الى الهدف.

و. التعرجات في المسار.

ز. نوع القمر الاصطناعي ووقت عمله وتاريخه.

شكل رقم (1 – 15) احد انواع اجهزة الاستقبال اليدوية



ويمكن استخدام تلك المعلومات في تصميم قاعدة معلومات جغرافية بسرعة وعلى درجة عالية من الدقة حيث يمكن قراءة المعلومات التي تنتجها أجهزة الاستقبال بواسطة برامج GIS مثل ERDAS أو ARCINFO.[19]

ويعد نظام تحديد المواقع العالمي من أهم الأنظمة التي تم استخدامها على نطاق واسع في مجالات عدة، ويعني نظام تحديد المواقع

RAVIGATION SATELLITES FOR TIMING AND RANING / GLOBAL POSITIONING SYSTEM (NAVSTAR/ GPS)

GPS: أي الأقمار الاصطناعية الملاحية لتحديد الوقت والمدى.

النظام تابع لوزاره الدفاع الأمريكية والتي قامت بإطلاق أول قمر لهذا الغرض 1981 والتي لازالت تتولى أدارته والأشراف عليه، وكان الهدف منه تحديد المواقع والواضع في أي مكان على سطح الأرض على مدار الساعة وفي جميع الظروف، حيث يقوم المستخدم باستقبال إشارات من الأقمار الاصطناعية دون الحاجة الى أي إشارات منه، وقد تم السماح فيما بعد باستخدام هذا النظام للأغراض المدنية، حيث تم تطوير أساليب معالجة البيانات مما زاد من كفاءة أداء مهام تلك الأقمار الاصطناعية، ومن مزايا النظام :.

1. لا يحتاج الى وجود رؤيا متبادلة بين النقاط الموجودة في الأعمال المساحية .
2. يوفر معلومات طول الوقت دون توقف ولأي مكان على سطح الأرض .
3. لا يتأثر بالظروف المناخية المختلفة
4. ذو كفاءة عالية في توفير المعلومات .
5. لا يحتاج استخدام أيدي عاملة كثيرة .
6. تحديد المكان والزمان بدقة كبيرة .
7. توفر الأجهزة التي تستخدم لهذا الغرض وبأسعار متفاوتة حسب دقتها .

ثانياً – أقسام النظام

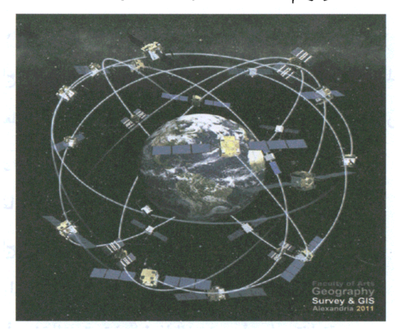
يتألف GPS من ثلاثة أقسام أساسية هي:

1. قسم الفضاء SPACE SEGMENT
2. قسم التحكم CONTORAL SEGMENT
3. قسم المستخدم USER SEGMENT

1- قسم الفضاء:

يتألف من مجموعة من الأقمار يصل عددها الى 31 قمراً تدور حول الأرض على ارتفاع يصل متوسطه الى حوالي 20200 كم حيث تعمل مجموعة من الأقمار، أي يعمل منها بشكل متواصل 24 قمر والباقية احتياطية، وتتم دورتها حول الأرض في 11 ساعة و 58 دقيقة، اي يدور حول الأرض مرتين في اليوم، وتدور تلك الاقمار في ستة مدارات تغطي كل الكرة الارضية، شكل رقم (1 – 14) مدارات الاقمار الاصطناعية.

شكل رقم (1 – 16) مدارات الأقمار الاصطناعية



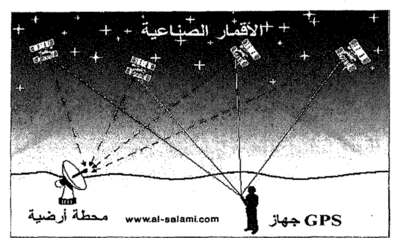
وصمم النظام على أساس إطلاق الأقمار على شكل أجيال متعاقبة بحيث يتم إحلال 31 قمر، العاملة منها فعلاً 28، كلفة القمر الواحد 100 مليون دولار.

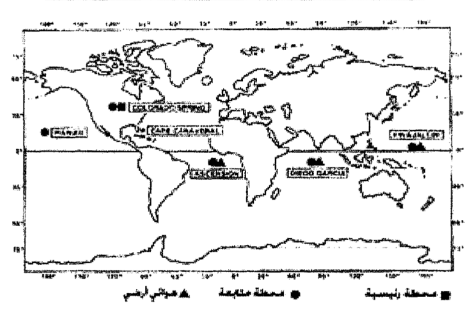
ويقوم كل قمر بإرسال أشارة باتجاه الأرض تتألف من مجموعة من الأقسام وتضم عدداً كبيراً من البيانات التي تستخدم لقياس المسافة بين القمر والمستقبل على الأرض، ولحساب إحداثيات القمر في كل لحظة أثناء حركته في الفضاء، وبالتالي يستطيع المستقبل من حساب إحداثيات الوقوف.

2- قسم التحكم.

أن مهمة قسم التحكم هو متابعة ومراقبة الأقمار بشكل مستمر وذلك من أجل التأكد من استمرار عملها بشكل دقيق وفي حالة حدوث أخطاء أثناء دورانها حول الأرض يتم تصحيحها ، ويتكون هذا القسم من خمس محطات متابعة واستقبال، ومحطة آلية للمعالجة ، وثلاث هوائيات شكل رقم (1 – 15أ وب) يبين المحطات الهوائيات واجهزة المراقبة.

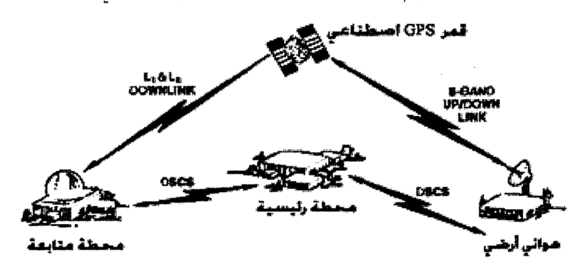
شكل رقم (1 – 17) المحطات والهوائيات وأجهزة المراقبة الأرضية.





حيث تقوم محطات المتابعة برصد الأقمار خلال أليوم وإرسال بيانات الرصد الى المحطة الرئيسية للمعالجة، ويتم حساب الأنحرافات في مدار الأقمار وحساب التصحيحات اللازمة لها، ومن ثم تقوم بإرسال هذه البيانات الى الهوائيات التي تتولى عملية إرسال البيانات الى الأقمار أثناء دورانها حول الأرض للمحافظة على البيانات التي يرسلها القمر، وتكون حديثة ودقيقة ليتم حساب إحداثيات النقاط على سطح الأرض بشكل دقيق كما في شكل رقم (1 – 16) اسلوب متابعة عمل قمر صناعي.

شكل رقم (1 – 18) اسلوب متابعة عمل قمر اصطناعي



3 – قسم المستخدم.

يتكون من قسمين عسكري ومدني، ومن مميزات النظام تغطية تطبيقات متعددة تتفاوت فيما بينها من حيث الدقة وأسعار الأجهزة والمعدات المستخدمة في بعض التطبيقات التي تتطلب دقة منخفضة مثل أعمال النقل، بري أو بحري أو جوي، والتي تحتاج الى أجهزة رخيصة الثمن وسهلة الاستعمال، والتطبيقات التي تتطلب مستوى متوسط من الدقة مثل الأعمال المساحية تحتاج الى أجهزة أفضل من النوع السابق وتتطلب خبرة عالية في مجال استعمالها، في حين تحتاج تطبيقات أخرى الى

مستوى عال جدا من الدقة، لذا تحتاج الى أجهزة أكثر تطوراً من السابقة والى خبرة عالية للتوصل الى نتائج دقيقة.[20]

وتقوم الأقمار الاصطناعية بإعطاء معلومات عن الوقت والموقع لكي تتمكن أجهزة استقبال GPS من حساب المواقع على الأرض، ويجب استقبال أشارة من ثلاثة أقمار على الأقل لتحديد موقع جهاز الاستقبال على شكل احداثيات تتمثل بخط عرض وخط طول، أو أي شكل أخر تابع لشبكة الإحداثيات المحلية تم تعريفها في جهاز الاستقبال، فيما يتطلب حساب ارتفاع الموقع وجود إشارات إضافية من قمر اصطناعي رابع.

وتستخدم تقنية GPS للحصول على بيانات متجهة عن المواقع الجغرافية وتوفر بعض أجهزة الاستقبال المتطورة لرصد النقاط والخطوط والمضلعات وتخزينها في طبقات منفصلة فوق بعضها البعض مع جداول أعداد البيانات، فضلاً عن إمكانية تصديرها الى GIS، لمعالجتها وتحليلها واخراجها على شكل خرائط او جداول، مثال ذلك الحصول على معلومات عن الآبار في قرية ما حيث يقوم مستخدم GPS بإنشاء جدول لتخزين البيانات الوصفية (يسمى بمعجم البيانات) يتضمن أسم المالك ورقم الترخيص وعمق البئر، ثم يجري مسح ميداني لرصد المواضع من خلال استخدام الجهاز المعد لذلك، اذ يتم الضغط على زر خاص في المفاتيح بعد الوقوف عند البئر مباشرة فتظهر البيانات المكانية وصفاتها على شاشة الجهاز، وهي بيانات جاهزة للاستخدام في معظم برامجيات GIS.

ويهيمن الجانب العسكري الأمريكي على معلومات GPS والذي عمل على تظليل الدقة في المعلومات لفترة من الوقت تصل الى حوالي 100 م حيث تستخدم تلك

القوات العسكرية أسلوب التوفير الانتقائي، وقد تمت برمجة الأقمار الاصطناعية بشكل يعطي معلومات غير دقيقة عن الوقت والمواقع وذلك لمنع القوات المعادية من الاستفادة من تلك المعلومات، ويعد ذلك تم تخفيض التوفير الانتقائي SELECTIRE AVAILABILITY

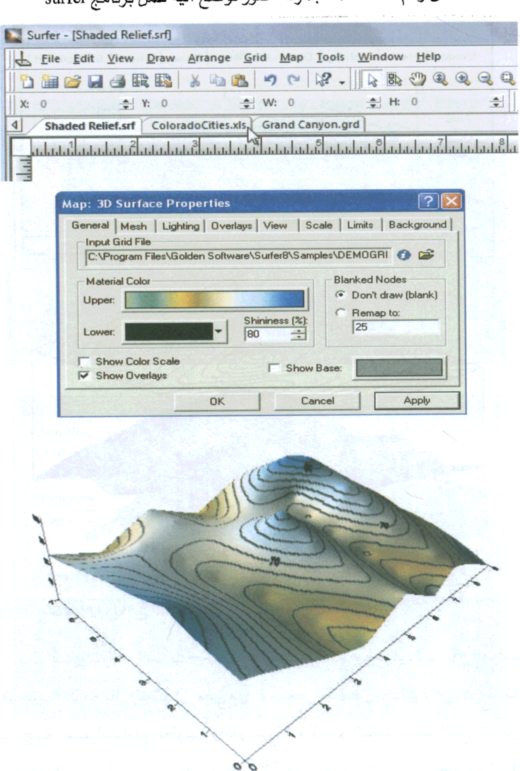
الى 10 م، وأذا كانت هذه الدقة لاتفي بالغرض المطلوب يمكن استخدام أجهزة استقبال متطورة لتحليل الإشارة الملتقطة من الأقمار الاصطناعية ومقارنتها بالإشارة المستقبلة من المحطات الأرضية للحصول على معلومات أكثر دقة تصل الى أقل من 1م ويسمى هذا الأجراء بالتصحيح التفاضلي، ويطلق على أجهزة الاستقبال القادرة على القيام بهذه المهمة أسم DCPS.[21]

المبحث السادس – استخدام البرامجيات الحاسوبية في تحليل مظاهر سطح الارض

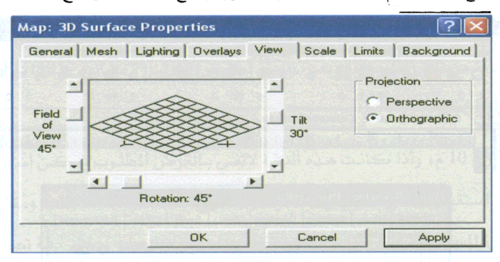
أولاً – استخدام برنامج Surfer:

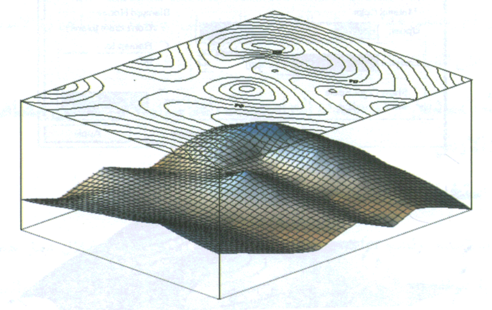
يستخدم برنامج surfer في تحليل التضاريس الارضية من خلال عمل خطوط كنتورية لمنطقة الدراسة والتي يتضح من خلالها المناطق المرتفعة والمنخفضة والسفوح الشديدة والمعتدلة والبطيئة الانحدار، كما يعمل البرنامج على اظهار التضاريس الارضية على شكل مجسمات ثلاثية الابعاد، شكل رقم (1 – 19) مجموعة صور توضح الية عمل برنامج surfer.[22]

شكل رقم (1 – 19) مجموعة صور توضح الية عمل برنامج surfer



تابع شكل رقم (1 – 19) مجموعة صور توضح الية عمل برنامج surfer



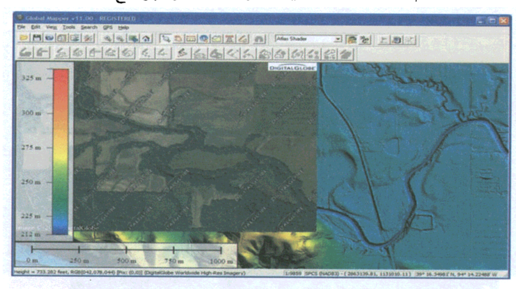


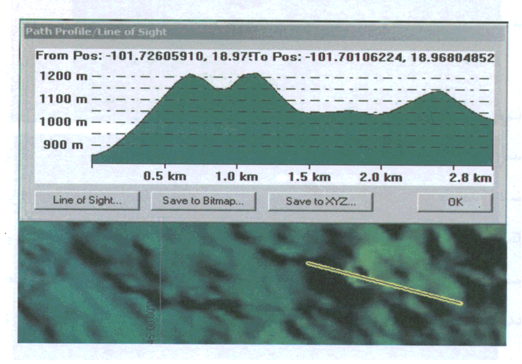
ثانياً – استخدام برنامج Global mapper:

يعد من البرامج الحديثة والمتطورة جدا والتي اسهمت في تطور الدراسات المورفومترية في مجال التحليل الجيومورفولوجي بشكل كبير، حيث يستخدم البرنامج في رسم المقاطع الطولية والعرضية للمظاهر التضاريسية التي تتوفر لها مرئيات فضائية، وباسلوب بسيط وبدقة عالية تغني الباحث عن استخدام الاساليب

القديمة التي يكتنفها الكثير من الاخطاء، شكل رقم (1 – 20) صور تبين بعض اليات عمل البرنامج.[23]

شكل رقم (1 – 20) صور تبين بعض اليات عمل البرنامج

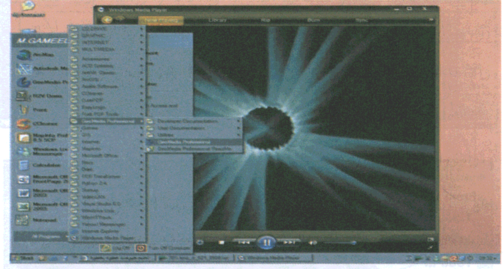


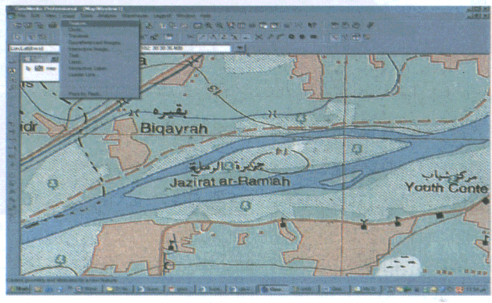


ثالثاً – استخدام برنامج Geomedia

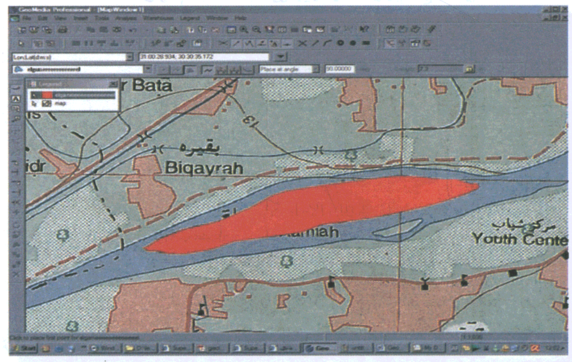
يمثل برنامج Geomedia من البرامج المهمة التي تستخدم في الدراسات الجيومورفولوجية، حيث يمتلك البرنامج قدرات عالية في الدراسات الميدانية من خلال قراءة محتوى الخريطة وقياس المظاهر التي فيها وتحديد ابعادها ومساحاتها، شكل رقم (1 – 21) صور توضح واجهة البرنامج واحد تطبيقاته.

شكل رقم (1 – 21) صور توضح واجهة البرنامج واحد تطبيقاته.





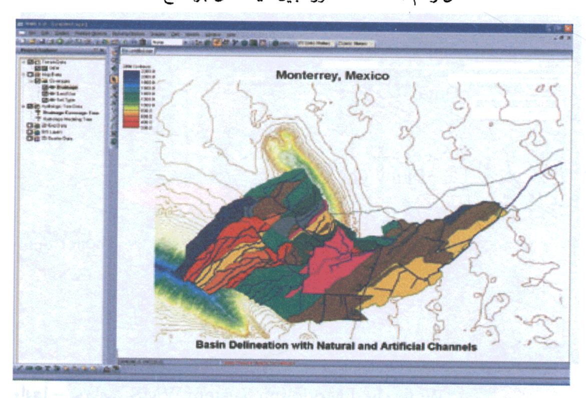
تابع شكل رقم (1 – 21) صور توضح واجهة البرنامج واحد تطبيقاته.

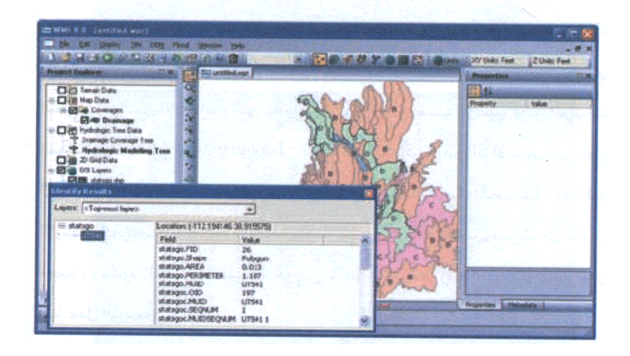


رابعاً – برنامج Watershed Modeling System WMS

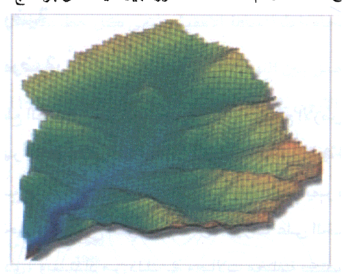
يعد هذا البرنامج من البرامجيات المتعلقة بنظم المعلومات الجغرافية GIS والذي يستخدم في المجال الهيدرولوجي، حيث يعمل البرنامج على تحديد مجاري التصريف ضمن الاحواض النهرية والاودية الجافة وحسب الرتب، ومن المرئيات الفضائية (Shuttle Rader Topography Mission (SRTM اذ يبين البرنامج الارتفاع عن مستوى سطح البحر، ومواقع التعرية الشديدة والمنخفضة، ومواقع الارساب بكميات كبيرة وقليلة، كما يوضح شبكة التصريف ضمن نطاق محدد، وحدود الحوض بالنسبة للاحواض المجاورة، شكل رقم (1 – 22) صور تبين الية عمل البرنامج.

شكل رقم (1 – 22) صور تبين الية عمل برنامجWMS





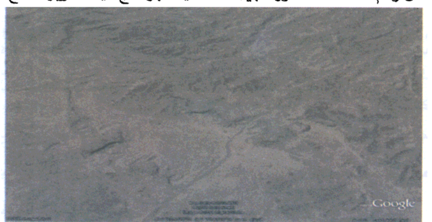
تابع شكل رقم (1 – 22) صور تبين الية عمل برنامج WMS



خامساً– استخدام برنامج Google Earth:

يعد من البرامج الحاسوبية المهمة التي تستخدم للحصول على صور فضائية ذات دقة عالية لمظاهر السطح الطبيعية والبشرية، شكل رقم (1 – 23) صورة تبين امكانية البرنامج في تصوير سطح الارض، ومن إمكانات البرنامج قياس إبعاد الظاهرة وموقعها بالنسبة لخطوط الطول ودوائر العرض، ويعمل على شبكة الانترنت. [24] كما توجد برامج أخرى مماثلة منها، flash earth و Map earth والتي تمتلك نفس خصائص البرنامج السابق.

شكل رقم (1 – 23) صورة تبين امكانية البرنامج في تصوير سطح الارض



المبحث السابع – رسم المقاطع الطولية والعرضية والتمثيل الكارتوغرافي للتضاريس الأرضية

أولاً – مقاطع عرضية:

يعني المقطع العرضي خط بياني يوضح طبيعة سطح الأرض رأسيا على محور معين، حيث يظهر الخط مرتفعا في المناطق المرتفعة ومنخفضا في المناطق المنخفضة، أي يوضح مواضع الارتفاع والانخفاض ضمن المنطقة التي يمر بها المقطع، كما يوضح طبيعة انحدار السفوح التي لا يمكن تمييزها على الخرائط الطبوغرافية بوضعها الاعتيادي، ويستفاد من ذلك في مجالات مختلفة كتصريف المياه وإقامة المشاريع والأبنية، ويتم رسم تلك المقاطع حتى على مسافات قصيرة ارتفاعا وانخفاضا.[25] وترسم تلك المقاطع بطريقتين هي:

أ- الطريقة الأولى:

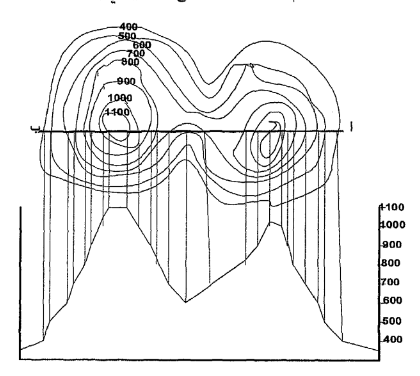
تعتمد هذه الطريقة على عدة خطوات هي :

1. توفير خريطة كنتورية للمنطقة التي يراد رسم قطاع لها .
2. تعيين موضع القطاع من خلال رسم خط يصل بين نقطتين على الخريطة الكنتورية.
3. رسم خط افقي مواز الى خط المحور الذي يمثل القطاع يمر اسفل الخريطة وعلى مسافة مناسبة وبطول يساوي المسافة الافقية للقطاع.
4. رسم خطين عموديين عند نهايتي الخط الأفقي يتم تقسيمهما الى أجزاء متساوية ومساوية لعدد الخطوط الكنتورية التي يقطعها محور القطاع، وتثبت أرقام تلك الخطوط عليها من الأصغر الى الأكبر.

5. رسم خطوط بسيطة تمتد من نقاط تقاطع الخط المحوري مع الخطوط الكنتورية باتجاه خط المسافة الافقية وينتهي كل خط عند الرقم الذي يمثله.

6. رسم خط يوصل بين النهايات النازلة يكون على شكل خط بياني يوضح طبيعة سطح الارض في ذلك الموضع.[26] شكل رقم (1 – 24 أ) .

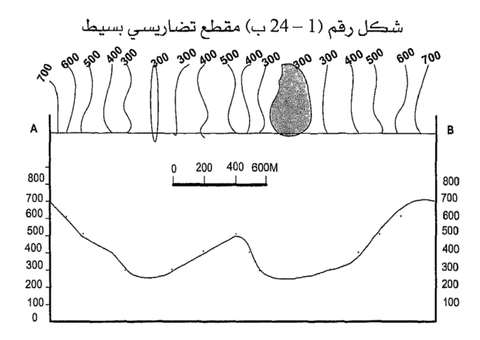
شكل رقم (1 – 24أ) مقطع تضاريسي بسيط



ب- الطريقة الثانية:

تشبه الطريقة السابقة من حيث الخطوات الأساسية في رسم القطاع ألا انه في هذه الطريقة يستخدم ورق رسم بياني بدلا من رسم القطاع على نفس ورقة الخريطة الكنتورية ، إذ تثبت تلك الورقة على طول خط محور القطاع ويؤشر عليها نقاط تقاطع المحور مع الخطوط الكنتورية مع تثبيت قيمة كل خط، وبعد ذلك تطبق نفس الخطوات المار ذكرها في الفقرة (3) وما بعدها.[27] شكل رقم (1 – 24ب) .

شكل رقم (1 – 24 ب) مقطع تضاريسي بسيط



ثانياً – مقاطع طولية

توضح المقاطع طولية طبيعة انحدار سطح الارض في الموقع الذي تم عمل مقطع له سواء كان سفح مرتفعات او هضاب، او طبيعة انحدار الاودية ومجاري الانهار، ويستفاد من تلك المقاطع عند تنفيذ المشاريع المختلفة في تلك الإمكان، كالأبنية والطرق والسدود والخزانات والمطارات وغيرها، وسيتم تناول الموضوع بشكل تفصيلي في فصل الانحدارات.

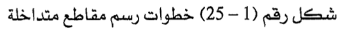
ثالثاً – مقاطع عرضية للأودية الجافة ومجاري الانهار

ان عمل تلك المقاطع في الغالب بشكل منتظم من حيث المسافة بين مقطع واخر، من بداية منطقة الدراسة حتى نهايتها، آي تكون المسافة بينهما 1كم او اكثر، وكلما كانت المسافات متقاربة تعطي مؤشرا واضحا عن التغيرات التي حدثت في المجرى بمرور الزمن، ويستفاد من تلك المقاطع في معرفة المناطق التي تركزت فيها التعرية والتجوية والارساب، أي توضح مواضع الضعف والقوة في ضفاف الانهار والاودية، سيتم تناول ذلك في الفصول اللاحقة.

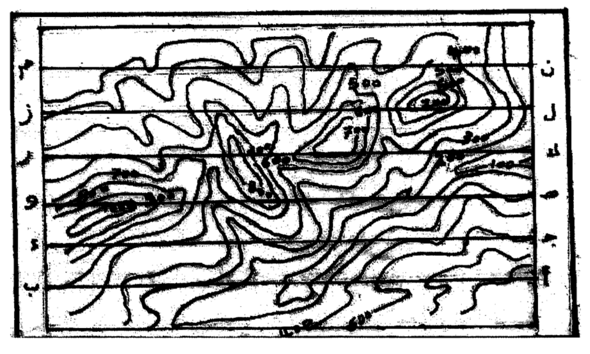
رابعا – مقاطع متداخلة

تحتاج بعض المناطق الى رسم اكثر من مقطع بشكل عمودي او رأسي وبنفس الطرق السابقة، اذ يتم رسم عدة محاور أفقية توزع بشكل متساوي أو منتظم عموديا او رأسيا، ويتم رسم مقطع عرضي عند كل محور ومن ثم تثبيت كل واحد في مكانه فتظهر متداخلة مع بعضها.[28] شكل رقم (1 – 25) خطوات رسم المقاطع المتداخلة.

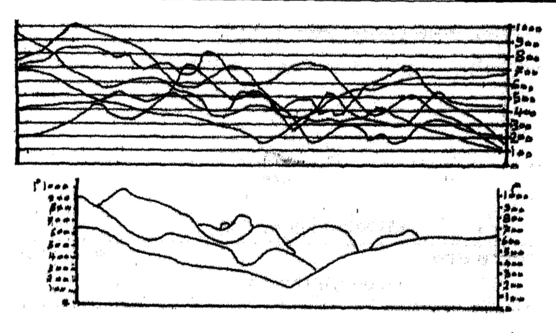
ويظهر من رسم تلك المقاطع تباين ارتفاع أجزاء منطقة الدراسة من مكان لاخر، اذ تظهر الأجزاء المرتفعة واضحة في كل مقطع بينما تختفي الأجزاء المنخفضة في المقاطع العليا. ويستفاد من هذا التباين في مجالات متنوعة.



شكل رقم (1 – 25) خطوات رسم مقاطع متداخلة



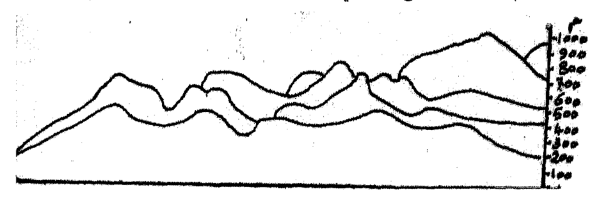




خامساً – مقاطع بانورامية:

تشبه تلك المقاطع النوع السابق في طريقة رسمها ، ألا انه في هذا النوع تختفي الأجزاء التي يقع أمامها مقطع مرتفع، وهذا يعني ان المقطع الأول يظهر كاملا والثاني تظهر منه أجزاء، وهكذا بقية المقاطع الأخرى، ومن الجدير بالذكر ان منظر البانوراما يتغير بتغير الزاوية التي ينظر منها الباحث.[29] شكل رقم (1 – 26) مقطع بانورامي للمنطقة التضاريسية الموضحة في الشكل رقم (1 – 25) بالنظر أليها من جهة اليمين.

شكل رقم (1 – 26) مقطع بانورامي للمنطقة التضاريسية في الشكل رقم (1 – 24)



سادساً- الاشكال البيانية:

تستخدم الاشكال البيانية لتمثيل مظاهر السطح وفق معطيات كمية او رقمية تعبر عن ابعاد عناصر الظاهرة، والتي تسهم في تحليل مظاهر سطح الارض بالاعتماد على الخريطة الكنتورية، او الدراسة الميدانية، وبطرق عدة منها مايأتي:

أ - المنحنى الهبسوغرافي او الهبسومتري.

يستخدم هذا النوع من الاشكال البيانية في توضيح العلاقة بين أي متغيرين مثل الارتفاع والمساحة ويكون وفق الخطوات الآتية:

1. قياس المساحة بين كل خطي كنتور متتاليين باستخدام أجهزة قياس المساحة المتنوعة.
2. رسم محورين افقي يمثل المساحات ورأسي يمثل الارتفاعات.
3. تحويل مساحات الانطقة الى نسب مئوية اذا كانت الأرقام كبيرة يصعب تمثيلها وحسب القانون:

$$\frac{\text{مساحة النطاق} \times 100}{\text{المساحة الكلية}}$$

ويستفاد من المنحنى في دراسة الانحدارات المختلفة وأحواض الأنهار لمعرفة المرحلة التي يمر بها النهر (الشباب، النضج، الشيخوخة) وطبيعة المجرى بصورة عامة.[30]

مثال:

ارسم منحنى هبسوغراف لمنطقة موضحة على خريطة كنتورية مساحتها (8000 كم^2) وكانت المساحات المحصورة بين خط واخر هي:

0 -- 50 = 2000 كم^2

0 -- 100 = 4000 كم^2

0 -- 200 = 6000 كم^2

الحل:

نستخرج النسب المئوية لتلك المساحات حسب القانون السابق وكما يأتي:

$$\%25 = \frac{100x2000}{8000}$$

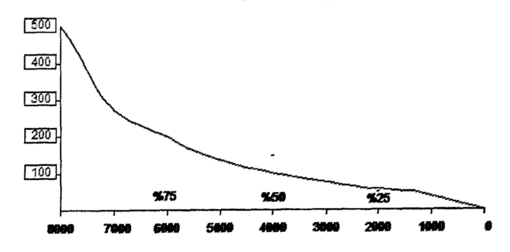
$$\%50 = \frac{100x4000}{8000}$$

$$\%75 = \frac{100x6000}{8000}$$

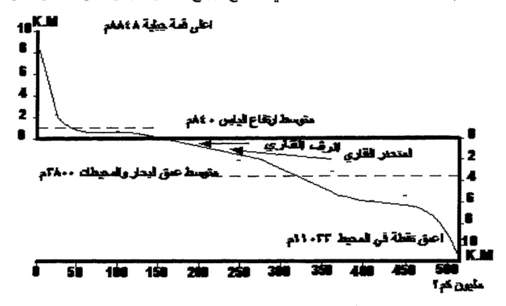
ومن النتائج يمكن رسم منحنى كما في الشكل رقم (1 – 27) منحنى هبسومتري.

أما في مجال تمثيل الماء واليابس على الكرة الارضية فيمكن استخدام الأرقام الصحيحة فيكون المنحنى كما في الشكل رقم (1 – 28) .

شكل رقم (1 – 27) هبسومتري يوضح توزيع أجزاء المناطق بالنسبة للمساحة الكلية



شكل رقم (1 – 28) منحنى هبسومتري يوضح توزيع الماء واليابس على الكرة الارضية



ب– منحنى كلينوغراف (Clinographic)

يستخدم هذا النوع في تمثيل مقدار زاوية ميل الانحدار بين كل خطي كنتور متتاليين، ويوضح المنحنى طبيعة انحدار السفوح بشكل دقيق لايمكن ان تظهره الخرائط الكنتورية، ويتطلب رسمه ما يأتي:

1. استخراج زاوية الانحدار بين خط واخر ويعتمد ذلك على عنصري الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية بينهما.
2. رسم خطان أحدهما افقي يمثل سطح الارض والآخر رأسي يمثل مقدار الارتفاع، كما مثبت في الخريطة الكنتورية.
3. رسم خطوط أفقية موازية للخط الأفقي وبعدد الخطوط الكنتورية وعلى مسافات منتظمة بين خط واخر.
4. رسم خطوط بين خط واخر مائلة بزاوية مساوية للزاوية الحقيقية الناتجة عنالعلاقة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية بين خط واخر.[31]

مثال:

ارسم منحنى كلينوغرافي لانحدار سفح موضح على الخريطة الكنتورية في الشكل رقم (1 – 29أ) والتي كانت قيم الزوايا بين خط واخر بعد تطبيق المعادلة الخاصة بالزوايا كالأتي:

0 – – – 50 = 10

50 – – – 100 =20

100 – – – 150 =30

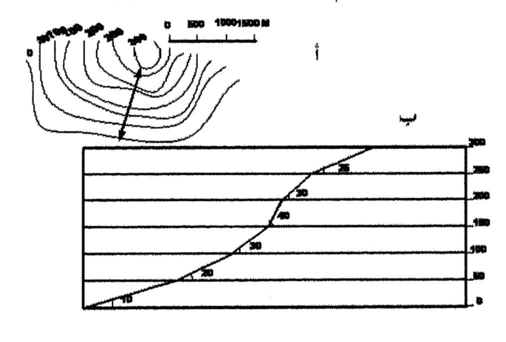
150 – – – 200 =40

200 – – – 250 = 30

250 – – – 300 = 25

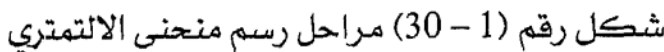
ومن خلال تطبيق الخطوات التي مر ذكرها يكون شكل الكلينوغراف كما في الشكل رقم (1 – 29ب)

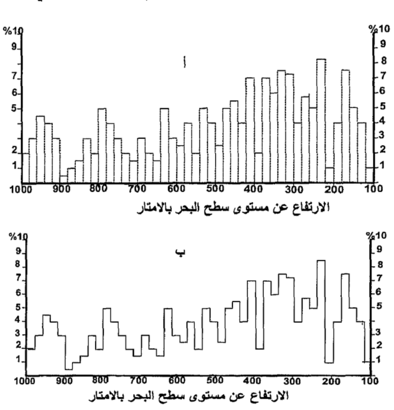
شكل رقم (1 – 29 أ وب) منحنى كلينوغرافي



ج- منحنى التمتري:

يستخدم هذا المنحنى في توضيح العلاقة بين مناسيب مختلفة على سطح الارض والتي من خلالها يمكن معرفة التغيرات التي شهدتها تلك المنطقة نتيجة لعمليات تعرية أوار ساب او هبوط او انهيار ادت الى تغير مظهر الارض، ويحتاج رسم المنحنى خريطة كنتورية للمنطقة التي يراد رسم منحنى لها، اذ يرسم خط افقي تثبت عليه مناسيب الارتفاع فوق مستوى سطح البحر بما يتناسب مع ما تتضمنه الخريطة الكنتورية من ارتفاعات، كما يرسم خط رأسي يمثل مساحة المناطق الواقعة بين الخطوط الكنتورية، بحيث تتحول تلك المساحات الى أعمدة متباينة الارتفاع، شكل رقم (1 – 30 – أ) ، وبعد الانتهاء من رسم الأعمدة تحذف الخطوط العمودية فيتحول الشكل الى منحنى يوضح طبيعة السطح في تلك المنطقة.[32] شكل رقم (1 – 30 – ب) .


شكل رقم (1 – 30) مراحل رسم منحنى الالتمتري



المبحث الثامن – الدراسة الحقلية في الجيومورفولوجيا:

ان المعلومات التي توفرها المصادر المكتبية والاستشعار عن بعد مهما كانت دقيقة لا تغني عن التحري الموقعي لغرض الوقوف على الحقائق ميدانيا ، والتعرف على الخصائص الشكلية والتكوينية لمظاهر السطح المختلفة من خلال أجراء الفحوصات المختبرية والقياسات المختلفة التي لايمكن توفيرها من المعلومات والبيانات المتاحة ، كما يستفاد من الدراسة الحقلية في التأكد من صحة المعلومات المتوفرة من مصادر اخرى، والتي قد يكون البعض منها لايفي بالغرض المطلوب وبما يحقق الغرض من الدراسة ، او ما يحتاج اليه الباحث الجيومورفولوجي، لذا يقوم الباحث بأجراء المسح الميداني بنفسه بعد توفير المعلومات والمعدات اللازمة لذلك ومنها مايأتي:

أولاً – تحديد منطقة الدراسة:

وتمثل الخطوة الأولى في هذا المجال، حيث يتم تحديد المنطقة بعد توفير خريطة طوبوغرافية تتضمن خصائص الموضع وما يحيط به من ظواهر طبيعية وبشرية ، حيث يتم اختيار تلك الظواهر في وضع الحدود العامة لمنطقة الدراسة من جميع الجهات، على ان تكون تلك المعالم واضحة جدا ومحددة بنقاط اساسية معروفة على ارض الواقع وفي كل الاتجاهات، كما يحدد موقعها بالنسبة لخطوط الطول ودوائر العرض، والارتفاع عن مستوى سطح البحر ، والتي على ضوءها يمكن مراعاة ما يأتي:

1) طبيعة تضاريس المنطقة وما تتطلبه من دراسة ، وما يحتاج له الباحث من معلومات حسب هدف الدراسة ، وتحديد نوع العمل الحقلي وما يتطلبه من قياس لعناصر تلك المظاهر ، والأدوات والمعدات اللازمة لذلك.

2) الطرق المؤدية الى منطقة الدراسة، وافضل وسيلة يمكن استغلالها للوصول أليها.

3) توفير معلومات أولية عن منطقة الدراسة من المصادر المتاحة، للوقوف على النقص فيها ، وما يحتاج أليه من بيانات موقعيه مكملة ، والزمن المطلوب لذلك، فقد يكون لفترة طويلة أو قصيرة، وربما تتطلب الدراسة الى الاقامة في الموقع لفترة من الزمن، وقد تستمر الى اكثر من شهر أو عدة أيام، أو يمكن تحقيق ذلك من خلال زيارات ميدانية متكررة دون الإقامة في الموقع، وكذلك تحديد مدى الحاجة الى فريق عمل يمكن أن يستعين به الباحث في جمع المعلومات، ويتكون من عدة أفراد وفي التخصصات التي تخدم البحث.

4) توفير خريطة أساسية لمنطقة الدراسة تدون عليها المعلومات التي يتم جمعها لتكون مرجعا أساسيا للباحث.

5) وضع سقف زمني للفترة المطلوبة للدراسة الميدانية بصورة عامة، وتكون ضمن حد أعلى وأدنى، على سبيل المثال الحد الاعلى ثلاثة اشهر والادنى شهران.

ثانياً – مستلزمات الدراسة الميدانية:

تتطلب الدراسة الميدانية مستلزمات معينة حسب طبيعتها ومكانها، ومنها ما يأتي:

1) خريطة طبوغرافية لمنطقة الدراسة تتضمن المعالم الأساسية للمنطقة لتسهيل عملية تثبيت المعلومات التي يحصل عليها الباحث ميدانيا على تلك الخريطة.

2) أجهزة قياس الأبعاد الرأسية والأفقية والمساحية مثل أجهزة المساحة الالكترونية، وجهاز الكلانوميتر (Clinometer) لقياس الانحدارات، وشريط معدني أو قماش لقياس الأبعاد المختلفة.

3) جهاز قياس حموضة التربة (PH) .

4) أجهزة قياس التصريف المائي، كالقامة المدرجة وجهاز قياس سرعة التيار (currentmeter) وزورق، وكذلك قياس أبعاد الجزر وتراجع وتقدم الضفاف.

5) معدات للتحري عن المكونات السطحية وتحت السطحية، كالمجرفة والمطرقة والفأس، وأكياس لجمع النماذج التي يتطلب فحصها مختبريا من التربة والصخور.

6) جهاز GPS لقياس ارتفاع المنطقة عن سطح البحر وتحديد الموقع حسب خطوط الطول ودوائر العرض، وتحديد الاتجاه.

ثالثاً – العناصر والجوانب التي تشملها الدراسة الحقلية أو الميدانية:

1) التكوينات السطحية وتحت السطحي (تربة ، صخور) .

2) النظام الهيدرولوجي السطحي والجوفي.

3) النظام البيئي السائد، صحراوي، زراعي، جاف، رطب، مستنقعات، وطبيعة المناخ السائد، والنظام البايلوجي القائم.

4) النشاط البشري في منطقة الدراسة، والمشاكل الطبيعية التي تتعرض لها بعض الانشطة.

5) العمليات الجيومورفولوجية المؤثرة على مظاهر السطح والنشاط البشري عند أجراء المسح، مثل الانزلاق والهبوط والتدفق الطيني والزحف البطيء وغيرها.

6) الموارد الطبيعية المتوفرة في منطقة الدراسة والمناطق المحيطة بها والتي يمكن استخدامها في بعض المشاريع والأنشطة القائمة او التي ستقام مستقبلا.

7) طبيعة تضاريس المنطقة وخصائصها المختلفة، والتي يتم التعرف عليها من خلال أجراء قياسات لابعاد بعض عناصرها والمتمثلة بما يأتي:

أ. درجة تضرس المنطقة: تضمن كل منطقة تضاريس قد تكون متنوعة يتم التعرف على طبيعة انتشارها وإبعادها بالنسبة للمساحة الكلية لمنطقة الدراسة، ويجري حساب ذلك من خلال درجة تقارب وتباعد المرتفعات والمجاري النهرية العميقة، والتي من خلالها يمكن معرفة طبيعة تضرس المنطقة، حيث يكون التضرس شديدا في المناطق التي تتقارب فيها المرتفعات والمجاري المائية، وبسيطا في المناطق التي تتباعد فيها.

ب. طبيعة التضرس المحلي: أن التعرف على طبيعة التضرس المحلي يتطلب أجراء قياسات منها ما يأتي:

1. متوسط منسوب أجزاء المنطقة بالنسبة لمستوى سطح البحر، اذ يتم تقسيم المنطقة الى أقسام متجانسة، ومن ثم قياس كل قسم على حده.

2. متوسط البعد الرأسي بين أعلى واقل منسوب للمرتفعات والمنخفضات في منطقة الدراسة بالنسبة لمستوى سطح البحر، ولتحقيق ذلك تقسم خريطة المنطقة الى مربعات متساوية، مساحة كل مربع 1كم^2، ثم يحدد منسوب أعلى واقل نقطة في كل مربع، ومنها يتضح تباين الوضع التضاريسي.

ج. معدل ارتفاع المنطقة: ان معرفة معدل ارتفاع منطقة الدراسة يتم من خلال نسبة مساحات أجزاء تلك المنطقة المرتفعة والمنخفضة بالنسبة للمساحة الكلية، ويستخدم لهذا الغرض خريطة كنتورية لتلك المنطقة، ويتم قياس

مساحات أجزاء المنطقة باستخدام أجهزة القياس المختلفة ومنها البلانوميتر، كما تطبق المعادلة الآتية:

$$\text{م س} = \frac{\text{م} - \text{ق}}{\text{س}}$$

م س. معدل ارتفاع الجزء المراد قياسه.

م. متوسط ارتفاع الجزء المراد قياسه .

ق. اقل منسوب في الجزء الذي تم قياسه.

س. السطح المحلي (البعد بين أعلي واقل منسوب في المساحة الكلية) .[33]

د. قياس انحدارات المنطقة وعمل خرائط وأشكال ومقاطع لها تتضمن رموز وعلامات تعبر عن طبيعة تلك الانحدارات من حيث الشكل والدرجة، وسيتم تناول ذلك بشكل مفصل في الفصل الثالث.

المبحث التاسع – تصنيف مظاهر السطح:

يقوم الباحث العلمي بتمييز مظاهر السطح المختلفة في منطقة الدراسة وتصنيفها الى مجاميع متباينة، وفق اسس معينة منها ما يأتي:

أولاً – تصنيف مظاهرالسطح حسب العامل الرئيسي المسبب في تكوينها:

يتم تصنيف مظاهر سطح الارض حسب العامل الرئيسي الذي يعد السبب في تكون بعض الاشكال الارضية بتأثير عوامل اخرى، ومنها ما يأتي:

1. مظاهر ناتجة عن اختلاف بنية وتركيب الطبقات الصخرية، وتسمى بالمظاهر التركيبية مثل الحافات الصخرية والمصاطب والشواهد اوالموائد الصخرية والكويستات التي توجد عند السواحل البحرية او في المناطق الصحراوية.

2. أشكال أرضية ناتجة عن عمليات التعرية والإرساب النهري كالمنعطفات والبحيرات الهلالية والمدرجات النهرية والجزر والدلتوات والسهول الفيضية.

3. مظاهر الجريان السطحي في منطقة الدراسة وأنماطه وعلاقة ذلك بطبيعة التكوينات وميل الطبقات، فبعض المجاري تتبع ميل الطبقات في جريانها وأخرى معاكسة له.

4. مظاهر ناتجة عن الانزلاق والانهيار والهبوط وزحف التربة.

5. مظاهر ناتجة عن العمليات الباطنية البطيئة والسريعة كالحركات الأرضية والزلازل والبراكين.

6. أشكال تكونت بفعل عمليات التعرية والإرساب الريحي والجليدي.

ومن الجدير بالذكر أن تصنيف مظاهر السطح يكون بطرق متعددة منها ما يأتي:

ثانياً – تصنيف مظاهر السطح حسب الدرجة

1. تضاريس الدرجة الأولى
2. تضاريس الدرجة الثانية
3. تضاريس الدرجة الثالثة

ثالثاً – تصنيف مظاهر سطح الأرض حسب المستوى

1. التضاريس المرتفعة
2. التضاريس المنخفضة

رابعا – تصنيف مظاهر السطح حسب نوع العملية الجيومورفولوجية

1) مظاهر ناتجة عن العمليات الباطنية الاتية:

أ. الزلازل

ب. البراكين

ج. الحركات التكتونية

2) **مظاهر ناتجة عن العمليات الخارجية الاتية:**

أ. مظاهر ناتجة عن عمليات التعرية والتجوية بأنواعها

1. مظاهر التعرية المائية، وتضم:

أ. مظاهر تعرية مياه الأمطار

ب. مظاهر تعرية مياه الأنهار

ج. مظاهر تعرية مياه البحار

د. مظاهر تعرية المياه الجوفية (الكارست)

2. مظاهر التعرية الريحية

3. مظاهر التعرية الجليدية

4. مظاهر عمليات التجوية

ب. مظاهر ناتجة عن عمليات الإرساب بأنواعها

1. مظاهر الإرساب المائي

أ. مظاهر ارسابية مطرية ومنها:

ب. الدالات المروحية

ج. الفيضات الصحراوية

2. مظاهر ارسابية نهرية

أ. السهول الرسوبية

ب. الدلتوات

ج. الجزر

د. ضفاف الأنهار

3. مظاهر ارسابية بحرية

4. مظاهر إرساب للمياه الجوفية

أ. مظاهر إرساب كهوف الكارست

ب. مظاهر السبخات

5. مظاهر ارسابية ريحية

6. مظاهر ارسابية جليدية

7. مظاهر ارساب ناتجة عن التجوية

ج. مظاهر ناتجة عن عمليتي التعرية والإرساب

1. المدرجات النهرية والبحرية

2. المنعطفات النهرية

3. البحيرات الهلالية

خامساً- تصنيف مظاهر السطح الرئيسة حسب عامل النشأة

1- المرتفعات

أ. مرتفعات بركانية

ب. مرتفعات متخلفة (تعروية)

ج. مرتفعات ناتجة عن الحركات الأرضية

د. مرتفعات التوائية

ه. مرتفعات ناتجة عن عمليات انكسارية

و. مرتفعات معقدة

2- الأودية

أ. أودية التوائية

ب. أودية ناتجة عن عمليات التعرية

ج. أودية ناتجة عن عمليات انكسارية

3- الهضاب

أ. هضاب ناتجة عن الحركات الأرضية

ب. هضاب بركانية

ج. هضاب تعرية

4- السهول

أ. سهول ارسابية (فيضية)

ب. سهول تحاتية

ج. سهول جليدية

د. سهول ناتجة عن الحركات الأرضية

ه. سهول بحرية

مراجع الفصل الاول

1) د. العيسوي محمد الذهبي ود. نبيل الحسيني؛ أساسيات الجيولوجيا، دار المعرفة الحديثة، ألا سكندرية، 1994، ص 7.

2) د. يحيى عيسى فرحان؛ التطبيق الهندسي للخرائط الجيومورفولوجية، نشرة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية الكويتية عدد 13 سنة 1980، ص 24.

3) د. عبد رب النبي محمد عبد الهادي؛ المدخل في علم الاستشعار عن بعد، الدار العربية للنشر والتوزيع، 1992، ص 30.

4) د. محمد الخزامي عزيز، تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص الوظيفية لمنطقة الشويخ الصناعية في الكويت، بحث منشور في مجلة العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت، العدد2 مجلد 29 سنة 2001.

5) د. يحيى عيسى فرحان؛ الاستشعار عن بعد وتطبيقاته، ج1، الصور الجوية، عمان الأردن 1987، ص 175.

6) د. علي شكري ود. محمود حسين عبد الرحيم ود. رشاد الدين مصطفى؛ المساحة التصويرية والقياس الإلكتروني ونظرية الأخطاء، منشأة المعارف، ألا سكندرية، 1995، ص 17.

7) د. فاضل السعدوني وغادة محمد سليم وحاتم سعيد الطويل؛ الاستشعار عن بعد في الهندسة المدنية، عمان 1995، ص 175 – 178.

8) وزارة التربية القطرية، استخدام GIS مقال منشور عبر الأنترنت على الموقع

9) المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة قومية حول وثيقة مشروع قومي لنشر وتطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مراقبة التصحر وتحركات الجراد الصحراوي، ، ص 9.

10) د. محمد عبد الجواد محمد علي، نظم المعلومات الجغرافية، الجغرافيا العربية وعصر المعلومات، الرياض، 1998، مكتبة الشكري، ص 16.

11) www. gis. com ‹gis lounge

12) د. محمد عبد الجواد محمد علي، نظم المعلومات الجغرافية، مصدر سابق، ص 95.

13) وزارة التربية القطرية، استخدام GIS، مصدر سابق.

14) سامر الجودي، مبادئ نظام المعلومات الجغرافي، مقال منشور في مجلة التصميم بالحاسوب عبر الأنترنت سنة 2002 على الموقع www. magazine. net.

15) كيفية استخراج حوض النهر من المرئية الفضائية STRM باستخدام ARC GIS، بحث منشور على موقع الانترنت www، arabGeographers. net

16) grass. osgeo. Org GRASS GIS: raster, vector ‹and imagery analysis,

17) استخدام ط

Digital Terrain Model (DTM) http: //acronyms. thefreedictionary. com/

18) Jan Burdziej: GIS and 3 – Dimensional Digital Terrain Modeling, www. giscentrum. lu. se

19) د. محمد الخزامي عزيز، نظم المعلومات الجغرافية، أساسيات وتطبيقات للجغرافيين، منشأة المعارف، الا سكندرية، ط2، سنة 2000، ص 162.

20) د. عدنان محمد احمد، مدخل الى تحديد المواقع العالميGPS، مقال منشور في مجلة التصميم بالحاسوب عبر الأنترنت، 2002 على الموقع www. magazine. net.

21) سامر الجودي، تحيد المواقع الأرضية، مقالة منشورة في مجلة التصميم بالحاسوب عبر الأنترنت سنة 2002.

22) استخدام Golden Software Surfer منشور على موقع الانترنت www. civilengclub. com

23) تشغيل Global Mapper، بحث منشور على موقع الانترنت www. gisclup. net

24) استخدام Google Earth، منشور على شبكة الانترنت من بامجيات موقع google

25) John Malcolm; Elementary surveying، university tulorial press 227

26) د. محمد صبحي عبد الحكيم وماهر عبد الحميد الليثي؛ علم الخرائط، مكتبة الأ نجلو المصرية، 1996، ص 207.

27) د. محمد محمد سطيحه ؛ دراسات في علم الخرائط، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، 1972، ص 286.

28) د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله، علم الخرائط، مصدر سابق، ص 220

29) د. محمد صبري محسوب ود. احمد البدوي محمد الشريعي؛ الخريطة الكنتورية قراءة وتحليل، دار الفكر العربي، القاهرة، 1999، ص 225.

30) المصدر السابق، ص 226

31) د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله؛ علم الخرائط، مصدر سابق، ص231

32) د. محمد صبري محسوب وزميله؛ الخريطة الكنتورية، مصدر سابق، ص 239

33) د. محمود توفيق سالم؛ أساسيات الجيولوجيا الهندسية، دار الراتب الجامعية، بيروت 1989، ص 16

الفصل الثاني

الدراسة الموقعية لتكوينات مظاهر السطح (الصخور والتربة)

الفصل الثاني
الدراسة الموقعية لتكوينات مظاهر السطح
(الصخور والتربة)

تتكون القشرة الارضية من طبقات صخرية يتباين سمكها من مكان لاخر كما مر ذكره، ويغطي تلك الطبقات في معظم الأماكن طبقة هشة من التربة متباينة السمك، في حين تظهر الصخور مكشوفة على سطح الارض في بعض المناطق، ولتغطية الموضوع سيتم تناول الصخور والتربة كل على حده.

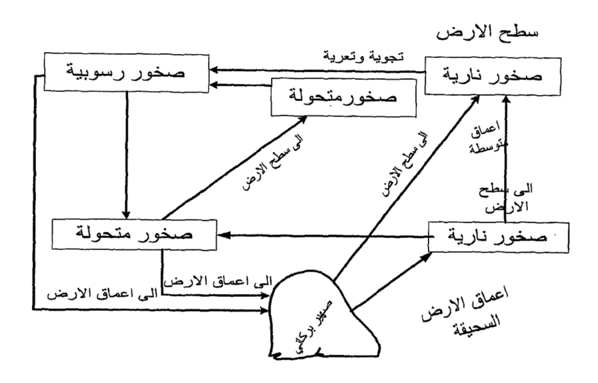
المبحث الأول: الصخور *Rocks*

أولاً – الصخور في الطبيعة واسلوب التحري عنها

تكونت الصخور والرواسب المعدنية في ظروف وبيئات معينة ساعدت على وجودها في ذلك الوقت، والتي لاتتوفر مثلها في الوقت الحاضر لذا توجد في مناطق دون أخرى ولايمكن إعادة توزيعها.

فالصخور توجد بأنواعها في القشرة الارضية وبنسب متباينة من مكان لاخر حسب الظروف والعوامل التي أسهمت في تكوين كل نوع، وقد ساعدت الظروف الجيولوجية والمناخية على أحداث تغيرات في خصائص صخور بعض المناطق فحولتها الى نوع أخر، وهذا ما يسمى بدورة الصخور في الطبيعة. مخطط رقم(2 – 1) يبين دورة الصخور في الطبيعة. [1]

شكل رقم (2 – 1) دورة الصخور في الطبيعة



ولمزيد من الإيضاح سيتم تناول انواع الصخور بشكل مختصر وبقدر ما يتعلق بالجوانب الاساسية التي تهمنا في هذا المجال وهي الخصائص الطبيعية لتلك الصخور وعلاقتها بالنشاط البشري.

وتحتاج دراسة الصخور الى التحري عنها موقعياً للتعرف على نوعها وخصائصها وطبيعة امتدادها والتي يتم تمثيلها بخرائط وأشكال توضيحية، وتتطلب تلك الدراسة ان يقوم الباحث بما يأتي:

1) البحث عن مكاشف للطبقات الصخرية كسفوح الاودية والأجراف النهرية والبحرية والسفوح المقطوعة او المحفورة الى مستويات عميقة او نفق وغير ذلك من الجوانب التي يمكن الاستفادة منها في هذا المجال.

2) إزالة الطبقة السطحية من التكوينات لانها لاتمثل التكوينات الحقيقية لتعرضها الى عمليات تجوية وتعرية وتقع تحت تأثير العناصر المناخية والعوامل المؤثرة الأخرى، وتكون تلك الطبقة في الغالب هشة متكونة من التربة والمفتتات الصخرية لذا لاتعطي الصورة الحقيقية للوضع الجيولوجي في تلك المنطقة، كما يستفاد من هذه الخاصية في التعرف على نشاط عمليات التعرية والتجوية في تلك المنطقة واسبابها، فكلما كانت الطبقة الهشة سميكة يعني ان تلك العمليات نشطة في تلك الاماكن.

3) تحديد عدد الطبقات التي يتضمنها المقطع او المكشف من خلال أسطح الانفصال التي تقع بين طبقة واخرى ومن خلال اللون ونوع الترسبات أو النسيج.

4) اخذ نموذج من كل طبقة لتحليلها والتعرف على طبيعة تركيبها الكيميائي والفيزيائي ومن ثم تحديد نوع الصخور، حيث يوضع كل نموذج بكيس خاص ويكتب عليه رقم الطبقة حسب تسلسلها من الأعلى او الاسفل.

وفي حالة عدم توفر مكاشف للطبقات فيمكن الاستعانة بطرق المسح الجيولوجي المتنوعة ومنها ما يأتي:

أ – الحفر او التثقيب:

ان عملية الحفر يكتنفها بعض الصعوبات وخاصة اذا كان سمك الطبقات كبيرا والصخور صلبة، رغم ان وسائل التكنولوجيا الحديثة قللت من تلك الصعوبات من خلال عمليات التثقيب بالآلات الحديثة، ولذلك تعد من الطرق العلمية والعملية في توفير المعلومات المختلفة عن الصخور.

ب- الطرق الجيوفيزيائية:

تعتمد الطرق الجيوفيزيائية على الخواص الطبيعية للصخور مثل الكثافة النوعية والخواص المغناطيسية والمرونة والخاصية الكهربائية والإشعاعية ، اذ يمكن اخذ قراءات مباشرة من سطح الارض باستخدام اساليب مختلفة والتي يستفاد منها في التحري عن البترول والمياه الجوفية والمعادن، والتعرف على انواع الطبقات المكونة للأرض، ومن تلك الأساليب ما يأتي:

1- طريقة الجاذبية:

تختلف الصخور في قوة جاذبيتها من نوع لاخر حسب كثافتها وبدرجات واضحة يمكن للمختصين في هذا المجال تحديد نوع الصخور في أي منطقة.

2- الطريقة المغناطيسية:

تعتمد هذه الطريقة على الخواص المغناطيسية للصخور والتي تختلف من نوع لاخر حسب كثافتها.

3- الطريقة الزلزالية او السيزمية:

تستند تلك الطريقة على مرونة الصخور وكثافتها في الاستجابة للموجات الزلزالية التي تستخدم لهذا الغرض.

4- الطريقة الكهربائية:

تتباين الصخور في التوصيل الكهربائي من نوع لاخر حسب كثافتها ورطوبتها ونوع المعادن التي تتكون منها.

5- **الطريقة الإشعاعية:**

وتستخدم للبحث عن المواد المشعة في الصخور.[2]

ومن خلال تلك الدراسة الموقعية يتم التوصل الى عدة نتائج وحقائق مهمة في الجوانب التطبيقية منها ما يأتي:

ثانياً – انواع الصخور:

1- **الصخور النارية** Igneous Rocks

تعد الصخور النارية من اقدم انواع الصخور لذا تسمى بالصخور الأصلية، وتوجد في الطبيعة بوضعين، باطنية في داخل القشرة الارضية وتسمى بلوتونية plutonic او جوفية، والتي تصلبت في أعماق القشرة الارضية قبل ان تصل الى سطح الارض، وقد تبردت ببطء لذا تكون واضحة التبلور وتتخذ أشكال مختلفة في باطن الارض، كالباثوليث واللكوليث واللبوليث والسدود والأعناق وغيرها.

اما النوع الثاني فهي صخور سطحية وتسمى بركانية ناتجة عن الثورانات البركانية القوية التي دفعت بها الى سطح الارض، وتختلف عن الباطنية بدقة تبلورها غير الواضح لتبردها بسرعة.

وتتكون الصخور النارية من عدة انواع حسب تركيبها الكيميائي هي:

أ – **الصخور الحامضية:**

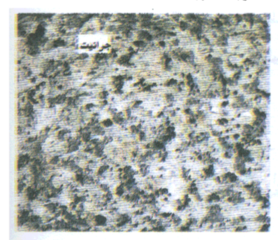
وهي الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من السليكا تتراوح ما بين 65 – 80٪ ونسبة قليلة جدا من المعادن الفيرومغنيسية(الحاوية على الحديد والمغنيسيوم) وتحتوي على نسبة كبيرة من الكوارتز والفلسبار وهي معادن ذات ألوان فاتحة

وكثافة قليلة، شكل رقم (2 – 2) نماذج من الصخور النارية الحامضية، ومن أنواعها:

- الجرانيت Granite
- الرايولايت Rhyolite
- صخر الخفاف Pomice
- بيجماتيت Pegmatite
- صخر القار Pichstone
- اوبسيدان Obsidian
- ليباريت Liparite

شكل رقم(2 – 2)نماذج من الصخور النارية الحامضية



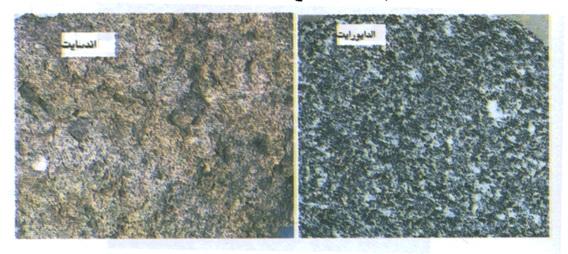


ب– صخور متوسطة:

وهي صخور تحتوي على السليكا بنسبة تتراوح مابين 52 – – – 65٪ ونسبة متوسطة من المعادن الفيرومغنيسية وهي ذات لون فاتح، شكل رقم(2 – 3)نماذج من الصخور النارية المتوسطة، ومن أنواعها:

- دايوريت Diorite
- اندايسيت Andesite
- سيانيت Syenite
- تراكيت Trachyte

شكل رقم(2 – 3)نماذج من الصخور النارية المتوسطة

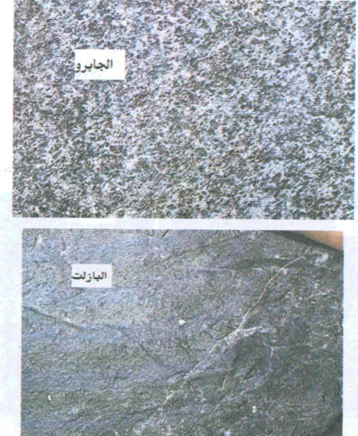


ج- صخور قاعديه:

وهي الصخور التي تحتوي على نسبة تتراوح مابين 45 --- 52٪ من السليكا ونسبة عالية من المعادن الفيرومغنيسية، وتحتوي معادن ذات ألوان داكنة وكثافة عالية، شكل رقم(2 – 4)نماذج من الصخور القاعدية، ومن أنواعها:

- الجابرو Gabbro
- بازلت Basalt
- دياباز Diabase

شكل رقم (2 – 4)نماذج من الصخور القاعدية



د– صخور فوق القاعدية:

يتميز هذا النوع من الصخور بقلة نسبة السليكا الى اقل من 45٪ وتحتوي على معادن تتضمن نسبة عالية من الحديد والمغنيسيوم، ومن أنواعها:

- الديونيت Dunite
- البيريدوتيت Peridotit
- البيروكسينيت Pyroxinite.[3]

والشكل رقم(2 – 2) يمكن ملاحظة التصنيف البسيط للصخور النارية حسب النسيج والتركيب المعدني.

شكل رقم (2 – 5) تصنيف الصخور النارية حسب النسيج والتركيب المعدني

الصخور القاعدية	الصخور المتوسطة	الصخور الحامضية	
لون داكن وكثافة عالية	لون فاتح وكثافة عالية نسبيا	لون فاتح وكثافة قليلة نسبيا	
البازلت Basalt	الاندسايت Andesite الداسايت Dacite	الرايولايت Rhyolite	نسيج دقيق (صخور بركانية)
البيريدوتايت Peridotite الجابرو Gabbro	الدايورايت Diorite الجرانوديورايت Granodiorite	الجرانيت Granite	نسيج خشن (صخور بلوتونية)
المعادن الفيرومغنيسية Ferromagnesian mimerals	البلاجيوكليز Plagioclase	الكوارتز Quartz الارثوكليز Orthoclase	%100 75 50 25 0 المعادن المكونة للصخور

وتتخذ الصخور النارية أشكالا مختلفة النسجة حسب نوع وحجم وشكل المعادن المكونة لها و طبيعة التبلور الذي نتجت عنه تلك الصخور، شكل (2 – 6) مقاطع لنماذج من الصخور النارية.

شكل رقم (2 – 6) مقاطع متباينة لأنواع من الصخور النارية.



2- **الصخور الرسوبية** Sedimentary Rocks

تحتل المرتبة الثانية من حيث النشأة والمرتبة الأولى في الانتشار، اذ ان اكثر من 80٪ من صخور القشرة الارضية العليا هي رسوبية، وتتضمن تلك الصخور بعض المعادن التي تعود الى الصخور النارية، بعد ان تعرضت الى عمليات مختلفة غيرت من بعض خصائصها الطبيعية التي كانت عليها، ومن أهم معادن تلك الصخور هي:

أ- **معادن طينية** Argillaceous

تحتل المعادن الطينية المرتبة الأولى في مكونات الصخور الرسوبية حيث تشكل حوالي 80٪ من تلك المكونات، والمتمثلة بسليكات الألمنيوم المائية (Al_2Sio_2).

ب – الكوارتز:

يعد الكوارتز من المعادن الاساسية للرمال والصخور الرملية وتشكل حوالي 10٪ من مكونات الصخور الرسوبية.

ج – الكالسيت:

يوجد هذا المعدن على نطاق واسع في الصخور الجيرية والذي يعمل على تماسك حبيبات الصخور الخشنة.

د – اكاسيد الحديد:

يعد الهيماتيت والليمونيت من أهم تلك المعادن والتي توجد في الرمال السوداء، كما تمثل أحد المواد اللاحمة في الصخور الرملية.

هـ – الجبس (Gypsum) (كبريتات الكالسيوم المائية):

و – ألهاليت (Halite) (كلوريد الصوديوم):

يوجد النوعان من المعادن في رواسب البحيرات المالحة بعد تبخر مياهها. [4]

والصخور الرسوبية على انواع مختلفة حسب طريقة تكوينها وتركيبها الكيميائي ومنها ما يأتي:

أ – الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية) clastic sedimentary Rocks

يتكون هذا النوع من الصخور من مفتتات صخور مختلفة بعد ان تعرضت الى عمليات تجوية وتعرية واسعة ونقلتها الرياح والمياه ورسبتها في مناطق منخفضة دون ان يحدث أي تغيير في خصائصها الكيميائية، وهي ذات مسامية عالية تسمح للمياه بالانتقال خلالها بسهولة من مكان لاخر، وقد أدى ذلك الى ترسيب ما تحمله تلك المياه من أملاح ومعادن في المسامات الواقعة بين المفتتات فعملت على التحامها وتماسكها وزيادة صلابتها، ومن أهم تلك المواد اللاحمة الكالسيت الدولومايت والكوارتز واكاسيد الحديد.

وقد تعمل المياه في بعض الأحيان على إذابة بعض مكونات الرواسب ونقلها وترسيبها في مكان أخر، كما تؤدي عمليات الترسيب بكميات كبيرة الى زيادة الضغط المتولد عنها على الطبقات التي تحتها فتقل المسامات فيها ومن ثم طرد المياه التي كانت تحتل تلك الفراغات، ومن الأمثلة على ذلك الطفل(Shale) الذي يتضمن حوالي 45٪ مسامات تنخفض الى حوالي 5٪ بعد تعرضها الى الضغط.

انواع الصخور الرسوبية الميكانيكية:

1- صخور المتكتلات Conglomerate

تتكون تلك الصخور من التحام الحصى والجلاميد والرمال وقطع من الصخور مع بعضها، وتكون ذات صلابة شديدة اذا تضمنت نسبة عالية من السليكات، وعلى العموم تميل الى الشكل الدائري وتكثر قرب الشواطئ البحرية. شكل رقم (2 – 7أ)

2- صخور والبريشا Breccias

يشبه هذا النوع من الصخور المتكتلات في نوع المكونات الا ان الفرق بينهما في شكل تلك المكونات حيث تكون ذات حواف حادة وأطراف مدببة. شكل رقم(2 – 7ب).

شكل رقم (2 – 7أ) صخور المتكتلات

شكل رقم(2 – 7ب) البريشا

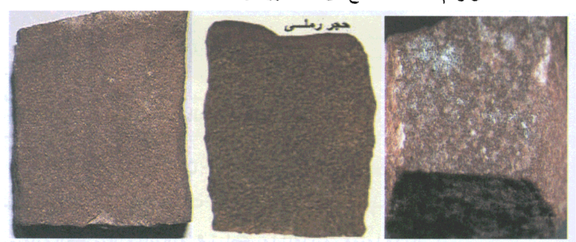
البريشيا

الكونجلوميرات

3- الصخور الرملية Sand stone

وهي ناتجة عن تماسك ذرات الرمل بواسطة مواد مختلفة النوع واللون مثل اكاسيد الحديد وكاربونات الكالسيوم والسليكات، وقد أسهمت تلك المواد في تغير لون تلك الصخور فأكاسيد الحديد تجعلها مائلة الى الاحمرار وكاربونات الكالسيوم تميل نحو البياض والسليكات نحو اللون الأزرق، كما ان بعض تلك المواد ذات صلابة عالية مثل السليكات، في حين تكون كربونات الكالسيوم ضعيفة التماسك لانها تذوب في الماء فتسهل عمليات التجوية والتعرية، ويوجد نوع أخر من الصخور الرملية مائلة الى السواد لاحتوائها على بعض المعادن المشعة مثل اليورانيوم والثر يوم وغيرها.[5] شكل رقم (2 – 8) نماذج من الصخور الرملية

شكل رقم(2 – 8)نماذج من الصخور الرملية

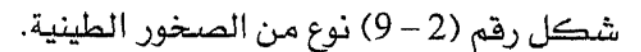


4- الصخور الطينية clay stone

تتكون تلك الصخور من مواد طينية مختلطة بمواد أخرى كلسية او عضوية تعمل على تنوع لونها حسب نوع الاكاسيد التي تتضمنها مثل اكاسيد الحديد والمنغنيز تجعلها مائلة الى اللون الأحمر او الأصفر او الأخضر، في حين تميل الى

اللون الأسود اذا ارتفعت نسبة الجير(كربونات الكالسيوم)، وتسمى طينية جيرية او المارل(Marl).

ويحتوي الطين على نسبة 15٪ من الماء وعندما يفقدها يتحول الى حجر طيني (Mudstone) وقد يكون الحجر الطيني على شكل طبقات رقيقة او صفائح نتيجة للضغط الذي تتعرض له قبل ان تجف وتتحول الى حجر يسمى بالحجر الطيني الصفائحي او الطفل(Shale)، شكل رقم (2 – 9) نوع من الصخور الطينية.


شكل رقم (2 – 9) نوع من الصخور الطينية.



ب – الصخور الرسوبية الكيميائية: Chemical Sedimentary Rocks

وهي صخور ناتجة عن حدوث تفاعلات كيميائية بين محاليل متنوعة ينتج عنها كربونات وبيكاربونات تتحد مع بعضها مكونة عدة انواع من الصخور الرسوبية الكيميائية المتباينة في تراكيبها المعدنية، ومنها ما يأتي:

1) صخور الكلس الكيميائي

تتكون تلك الصخور عندما تترسب كربونات الكالسيوم في المحاليل الجيرية الحاوية على كربونات الكالسيوم الهدروجينية ومنها الصخور الجيرية المتكونة من معدن الكالسايت ($Caco_3$) المترسب في مياه البحر، والدولومايت (Dolomite) الذي يشبه حجر الكلس الا انه يتكون من معدن الدولومايت

($Camg_{(co3)2}$) الناتج عن إحلال أيون المغنيسيوم محل أيون الكالسيوم، ومن تلك الصخور الترافرتين الذي يتواجد قرب الينابيع والعيون وفي الكهوف التي تعرف بالستالكتايت وستالكمايت، أي الاعمدة الصاعدة والنازلة، شكل رقم (2 – 10) نماذج من الصخور الكلسية الكيميائية.

شكل رقم(2 – 10)نماذج من الصخور الكلسية الكيميائية



2– صخور تبخريه (ملحية)

وهي ناتجة عن ترسبات ملحية ومنها الجبس او الجبسم، الذي يسمى كبريتات الكالسيوم المائية والانهيدرايت وتسمى كبريتات الكالسيوم اللامائية، والملح الصخري كلوريد الصوديوم.

3– صخور سليكية:

يوجد هذا النوع من الصخور قرب الينابيع الحارة مثل الصوان(Chert) الناتج عن ترسب السليكا المذابة في المياه الحارة.

ج– الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks

يوجد هذا النوع من الصخور على انواع حسب تركيبها الكيميائي ومنها:

1- حجر الكلس العضوي

ويعد من اكثر انواع الصخور انتشارا وهو ناتج عن بقايا الحيوانات والنباتات المحتوية على كربونات الكالسيوم او الجير.

2- صخور طباشيرية

وهي ناتجة عن تحلل نوع من الحيوانات التي تحتوي على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم وتكون ناصعة البياض.

3- صخور فوسفاتية

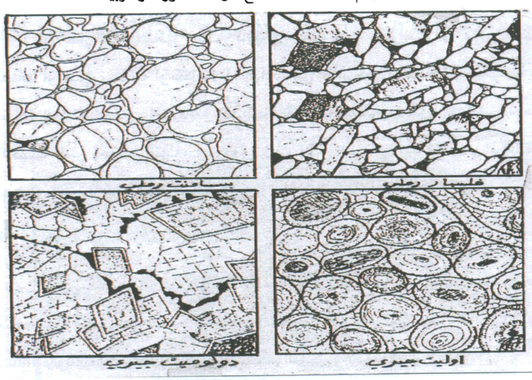
وتشمل الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من فوسفات الكالسيوم الناتجة عن تحلل بعض الحيوانات البحرية. [6]

4- الفحم الحجري:

وهو من اصل نباتي ينتشر في مناطق الغابات التي غمرتها المياه وطمرتها الرواسب بطبقات سميكة ادت الى توليد ضغط وحرارة شديدين اسهما في تغيير خصائص تلك النباتات المطمورة وعلى مراحل أخرها الانثراسايت الذي يمثل الفحم الحجري.

يظهر من العرض السابق للصخور الرسوبية أنها توجد في الطبيعة على انواع مختلفة في تركيبها ونسيجها ولونها لذا تظهر بقطاعات متباينة، كما في الشكل رقم (2 – 11) مقاطع لبعض الانواع من الصخور الرسوبية، والشكل رقم (2 – 12) نماذج من الصخور الرسوبية.

شكل رقم (2 – 11) مقاطع من الصخور الرسوبية



الشكل رقم (2 – 12) نماذج من الصخور الرسوبية



3- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

ان اصل تلك الصخور صخور نارية ورسوبية قديمة تعرضت الى عمليات ضغط شديد او حرارة عالية او كليهما ، فأدت الى تغير خصائصهما الكيميائية عما كانت عليه لذا تسمى المتحولة ، وقد تحتفظ تلك الصخور ببعض خصائص الصخور الأصلية التي تحولت منها ، ومن مميزات تلك الصخور أنها تتعرض الى التقشر بسهولة عند تعرضها الى عمليات التجوية والتعرية ، ومن أنواعها ما يأتي:

أ – صخور متورقة Foliated Rocks

يتميز بعض انواع الصخور المتحولة بالتورق لتعرضها الى ضغط كبير وحرارة منخفضة ، وتعد تلك الصخور سهلة التكسر باتجاه التورق ومن أنواعها الإردواز (Slate) والفيلات (Phyllite) والشست والنابس والامفيولايت.

ب – صخور غير متورقة Non – foliated Rocks

يعد هذا النوع من الصخور المتحولة الصلبة لانها غير متورقة وتكونت بفعل الحرارة الشديدة ومن أنواعها الهورنفلس(Hornfles) والرخام(Marble) والكوارتزيت (Quartzite´) والسر بتينات.

ج – صخور كاتاكلاستيكية Cataclastic Rocks

يتكون هذا النوع من الصخور نتيجة للتحول الديناميكي الناتج عن الضغط دون التأثير الحراري، ويكون بعضها متورق والبعض الأخر غير متورق ومن أنواعها المايلونيت (Mylonite). [7]

توجد الصخور المتحولة في الطبيعة بأنواعها المختلفة وتظهر بقطاعات متباينة كما في الشكل رقم (2 – 13) مقاطع لنماذج من الصخور المتحولة، والشكل رقم (2 – 14) نماذج من الصخور المتحولة.

شكل رقم (2 – 13) مقاطع متباينة من الصخور المتحولة



شكل رقم (2 – 14) نماذج من الصخور المتحولة.



ثالثاً – الخصائص الكيميائية والفيزيائية للصخور

1) التركيب المعدني:

تتباين الصخور في تركيبها المعدني وهذا ما يميزها عن بعضها لاختلاف خصائص تلك المعادن حسب مصدر نشأتها، حيث تكونت تلك المعادن بعدة طرق منها ما يأتي:

أ. التبلور المباشر من الصهير البركاني وخاصة معادن الصخور النارية.

ب. التبلور في محاليل مائية مثل الصخور الرسوبية الكيميائية.

ج. إعادة ترتيب عناصر او ذرات معادن سابقة التكوين اذ يترتب على ذلك إزالة او إضافة بعض العناصر أو الذرات، كما هو الحال في الصخور الرسوبية الميكانيكية او الفيزيائية.

د. تحلل بعض المركبات العضوية فتتحرر بعض العناصر والمعادن منها والتي تتحد مع بعضها مكونة بعض الصخور مثل الصخور الرسوبية العضوية.

ه. تغير خصائص بعض المعادن نتيجة للضغط والحرارة الشديدين مثل معادن الصخور المتحولة.

وقد تحدث تفاعلات بين اكاسيد بعض المعادن الفلزية والماء فينتج عنها مواد قاعدية مثل تفاعل أو كسيد الكالسيوم مع الماء فينتج هيدروكسيد الكالسيوم. $Cao + H_2o = Ca(OH)_2$ يحدث تفاعل بين ثاني أو كسيد الكربون والماء فينتج حامض الكاربونيك المخفف الذي له القابلية على التفاعل مع العديد من المعادن فيعمل على أضعاف تماسكها. $Co_2 + H_2o = H_2co_3$

كما يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع حامض الكاربونيك فينتج ملح الطعام.

ومن خصائص المعادن التباين في صلابتها وقد تم تقسيمها الى عشرة مستويات تبدأ من معادن هشة درجة واحده مثل التلك الى صلبة جدا عشرة درجات مثل الماس، كما تتباين تلك الصخور في نشأة المعادن التي تتضمنها فبعضها قديمة مثل الاولفين والبعض الأخر حديثة مثل الكوارتز.[8]

وبما ان الصخور تنتشر في الطبيعة بأنواع مختلفة وفي بيئات متباينة لذا تباينت قوة التأثر اعتمادا على نوع المعادن التي تتضمنها تلك الصخور وطبيعة البيئة، وعلى العموم تكون الصخور النارية اقل تأثرا من الصخور الرسوبية بعمليات التجوية والتعرية، اذ تتكون الأولى من الكوا رتز الذي يعد من المعادن الصلبة في حين يسود الصخور الرسوبية الكربونات التي تعد من المعادن الضعيفة المقاومة، وحتى في النوع الواحد من الصخور يتباين التأثير مثل الصخور النارية الجرانيتية اكثر صلابة من البازلتية لاحتوائها على نسبة عالية من الكوارتز، وكذلك الحال الصخور الرسوبية تعد العضوية والفيزيائية اقل مقاومة من الكيميائية، اما المتحولة فحسب مصدر تحولها فالمتحولة من النارية اكثر صلابة من الرسوبية المتحولة.

كما ان الصخور في المناطق الرطبة اكثر تأثرا من الصخور في المناطق الجافة، والتي في المناطق الحارة اكثر تأثرا من المناطق الباردة، فبعض المعادن لها القابلية على الذوبان بالماء واخرى لها القابلية على امتصاص الماء فيكبر حجمها، ومعادن ذات معامل تمدد حراري عال واخرى ذات تمدد حراري واطئ، ففي المناطق الحرة تعمل تلك المعادن على تفكك الصخور التي تحتويها فتقلل من صلابتها.

يتضح مما تقدم ان التعرف على نوعية الصخور ونوع المعادن المكونة لها ذا أهمية كبيرة في اقامة المشاريع المختلفة التي تستخدم تلك الصخور او تقام فوقها ، ويجب اختيار النوع المناسب للبيئة لتجنب المشاكل التي يتوقع حدوثها في حالة استخدام نوع غير ملائم للبيئة. ويحتاج ذلك الى الاستعانة بالمختبرات الخاصة بتحليل الصخور لمعرفة نوعها وطبيعة تركيبها الكيميائي، رغم قدرة بعض المختصين على تمييز بعض انواع الصخور ذات الخصائص الواضحة ألا انه من الصعب تمييز الصخور المتشابهة في المظهر ومتباينة في التركيب.

2- **المسامية** Porosity

وتعني الفجوات والفراغات التي تتضمنها الصخور والتي تختلف من نوع لاخر، فالصخور الرسوبية اكثر مسامية من النارية والمتحولة لان النارية متكتلة ناتجة عن صهير ذات كثافة عالية لاتسمح بوجود المسامات الا على نطاق محدود جدا ، في حين تكون الرسوبية طبقية بشكل عام وتكونت بطرق مختلفة ساعدت على وجود المسامات فيها وبشكل متباين من نوع لاخر، وتتأثر المسامية بعدة عناصر كحجم الحبيبات وشكلها وترتيبها والمادة اللاصقة ، فضلا عن الشقوق والكسور التي تتخلل تلك الطبقات، وتزداد المسامية في الصخور ذات الحبيبات المتجانسة وتقل في الصخور ذات الحبيبات المختلفة الحجم، وتتضمن الصخور نوعين من المسامات بشكل عام هي:

أ. مسامات بين حبيبات الصخور وتختلف أحجامها حسب نوع الصخور اذ تكون صغيرة جدا في الصخور الطينية وتقل في الطفل والإردواز، في حين تكون كبيرة في الحصى والرمل.

ب. مسامات كتلية مثل الشقوق والمفاصل والفراغان التي توجد بين الطبقات والتي تـزداد سـعة بواسـطة عمليـات التعريـة والتجويـة، وتصـنف المسـامية في بعـض الأحيـان الى اصليه وهـي الـتي وجـدت مـع تكـون الصـخور، وثانويـة ناتجـة عـن تعرض الصخور الى عمليات اسهمت في تشققها وتصدعها.[9]

وتقاس المسامية بالنسبة المئوية، أي نسبة حجم المسامات الى الحجم الكلي للصخرة، وحسب القانون الأتي:

$$P= \frac{w}{v}$$

W حجم الماء اللازم لملئ الفراغان

V حجم الصخرة

ويمكن الحصول على قيمة (W) من خلال وزن الصخرة وهي جافة ومشبعة بالماء والفرق في الوزن يمثل حجم الفراغات.

3- **النفاذية** Permeability

تعني النفاذية حركة المياه ضمن التكوينات الصخرية، وهذه الخاصية تختلف من نوع لاخر ولاتعني ان الصخور المسامية جميعها نفاذية حيث توجد بعض الصخور مسامية ولكن غير نفاذية لعدم اتصال المسامات ببعضها أفقيا ورأسيا، وفي اغلب الأحيان تكون المسامات رأسية لذا عندما تقاس مسامية مثل تلك الصخور تكون عالية الاانها لا تتصل ببعضها بما يسمح للمياه بلانتقال عبرها من مكان لاخر لذا تعد قليلة النفاذية، وتعد الصخور الرسوبية الجيرية عالية المسامية والنفاذية، ويتم قياس النفاذية بواسطة تمرير سائل عبر الطبقات الصخرية التي يراد قياس نفاذيتها فكلما كان السائل سريع المرور عبر تلك الطبقات يعني النفاذية جيدة، ويستخدم قانون دارسي لبيان مقدار النفاذية:

$$K = \frac{Q \times h}{A \times L}$$

K: معامل النفاذية (سم/ ثانية)

Q: حجم السائل المار في الصخور خلال فترة زمنية معينة(سم^3 / ثانية).

h الفرق الرأسي في عمود السائل او الماء.

A: مساحة النموذج (سم^2).

L: طول النموذج (سم).

وقد أثبتت التجارب والقياسات الحقلية ان نفاذية الصخور تقل بزيادة عمق الطبقات لقلة المسامات وزيادة التماسك ولتأثير ضغط الطبقات العليا على السفلى.[10]

رابعاً- التراكيب الصخرية

تحتوي الصخور بأنواعها تراكيب متنوعة وتعد مؤشرا على مدى قوة وضعف تلك الصخور، ومن أنواعها ما يأتي:

1- التراكيب الاولية:

تتضمن جميع انواع الصخور تراكيب اولية تعود إلى طبيعة تكون تلك الصخور وكيفية وجودها في الطبيعة، وتختلف تلك التراكيب حسب نوع الصخور وكما يأتي:

أ - التراكيب الاولية في الصخور النارية:

تغطي الحمم البركانية المتدفقة من باطن الارض مساحات شاسعة من المناطق التي تنساب نحوها وتتخذ أشكالا متنوعة حسب درجة لزوجة الصهير وتركيبه

الكيميائي وحرارته، فالحمم القاعدية كالبازلت ذات لزوجة منخفضة لذا ينساب هذا النوع من الصهير لمسافات بعيدة، اما الحمم الحامضية الجرانيتية عالية اللزوجة لذا تتراكم حول فوهات البراكين التي تندفع منها مكونة كتلاً صلبة ذات جوانب شديدة الانحدار، وعليه تتضمن الصخور النارية تراكيب اولية متنوعة منها ما يأتي:

1- التركيب الفجوي واللوزي:

تحتوي معظم الحمم البركانية على نسبة كبيرة من الغازات التي تتحرر لانخفاض الضغط المسلط عليها عند خروج الصهير من باطن الارض، وينتج عن ذلك تمدد الصهير في مواضع وجود الغازات فتتكون فجوات كروية اوبيضوية او أسطوانية او غير منتظمة، وقد يؤدي خروج تلك الغازات بكمية كبيرة وخاصة من الصهير المنخفض الزوجة الى تكون كتل رغوية قليلة الكثافة وخفيفة الوزن تسمى صخور الخفاف، وعلى العموم توجد الفجوات في أماكن مختلفة ضمن كتل الصخور النارية، وفي البعض منها تتركز في المناطق الملامسة لسطح الا رض بسبب خروج غازات من باطن الارض عن طريق الشقوق والثقوب التي توجد في الطبقات التي تحتها، ومعظم تلك الفجوات أسطوانية الشكل لانها تمتد مع الشقوق او الفواصل التي تخرج منها الغازات، وقد تتجمع في تلك الفجوات المياه التي يحتويها الصهير الشديدة الحرارة والمحتوية على مواد ذائبة وعالقة تتركها في تلك الفجوات بعد جفافها، كما يؤدي مرور المياه عبر تلك الفجوات بمرور الزمن الى ملئها بالرواسب التي تكون متميزة في اللون والتركيب الكيميائي والفيزيائي عن الصخور التي توجد فيها، لذا تعرف بالتركيب اللوزي لانها تشبه اللوز في المعجنات، وتعد تلك الفجوات مواضع ضعف في تلك الصخور لانها غير متجانسة مع تكوينها فتتركز عمليات التعرية والتجوية فيها فتقلل من صلابة تلك الصخور.[11]

2 – تراكيب الحمم الكتلية والحبلية:

يتخذ الصهير البركاني أشكالا مختلفة فوق سطح الارض حسب كثافته، فالصهير العالي اللزوجة يتراكم فوق بعضه وتندفع الكتل العليا نحو الجوانب مكونة كتل خشنة غير منتظمة وذات أبعاد متباينة، اما الصهير المنخفض اللزوجة فينساب نحو المناطق المجاورة لفوهة البركان مغطيا مساحات واسعة وعلى مستويات متباينة في ارتفاعها وتميل الى الانتظام والنعومة اكثرمن النوع السابق، وتشبه في امتدادها الحبال الغليظة ولهذا تسمى بالحبلية، ويسود هذا النوع في الصخور البازلتية.

3 – تراكيب الحمم الوسادية:

ينتشر هذا النوع من التراكيب في الحمم البازلتية التي تنساب بسهولة وتبرد ببطئ فتزداد لزوجتها حتى تقترب من التصلب فتتحول الى كتل طولية متوازية وقصيرة تشبه الو سادات الطويلة، ويكون جزئها العلوي قشري او ذات غطاء زجاجي رقيق.

4 – تراكيب انسيابية:

يختلف الصهير البركاني المندفع من باطن الارض في تركيبه الكيميائي والكثافة وما يحتويه من غازات ودرجة حرارة تبلوره، وتظهر اثار ذلك على طبيعة التراكيب التي تتضمنها الصخور المتكونة من الصهير، اذ يكون بعضها على شكل طبقات متبادلة أو متداخلة متميزة في تركيبها الكيميائي أو النسيج او كليهما، وعلى العموم يسود نوعان من التراكيب الانسيابية هما:

أ – تركيب انسيابي مسطح:

يظهر هذا النوع في الصخور التي تحتوي معادن مسطحة او قرصية ومرتبة بشكل متوازي او شبه متوازي مثل رقائق المايكا أو مغزلية الشكل، وينشأ نتيجة لاختلاف طفيف في درجة لزوجة الصهير وتركيبه المعدني.

ب – تركيب انسيابي خطي:

يسود هذا النوع في الصخور التي تحتوي معادن ابرية او منشوريه او مغزلية مرتبة بشكل متوازي او شبه متوازي وممتدة بشكل طولي اوافقي خطي، وقد تتضمن بعض الصخور هذين التركيبين.[12]

ب – التراكيب الاولية في الصخور الرسوبية:

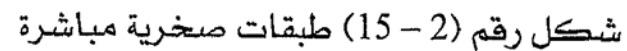
تتضمن الصخور الرسوبية تراكيب اولية اكثر من بقية انواع الصخور والمتمثلة بما يأتي:

1– التطبيق والترقق:

تعد الصخور الرسوبية من اكثر انواع الصخور تغيرا في مظهرها الرأسي لانها تتكون من طبقات متميزة ترى بالعين المجردة، وكل طبقة ذات مستويين متميزين علوي وسفلي وسمك متباين يتراوح مابين 1سم وعدة أمتار، آي تظهر الصخور الرسوبية على شكل طبقات تختلف عن بعضها في اللون والنسيج وحجم الحبيبات والتركيب المعدني، فكل طبقة تكونت في ظروف معينة جعلتها متميزة عما فوقها وتحتها من الطبقات، وعلى العموم يوجد نوعان من التطبيق في الصخور الرسوبية هما:

أ – تطبيق مباشر او أساسي:

يتكون هذا التطبيق منذ ترسيب الطبقات واتخاذها الشكل النهائي وقبل ان تتعرض لآي تغيير، شكل رقم (2 – 15) طبقات صخرية مباشرة.


شكل رقم (2 – 15) طبقات صخرية مباشرة



ب – تطبيق غير مباشر او ثانوي:

يتكون هذا النوع عندما تتعرض الرواسب الى عمليات تعرية وتجوية وتحت ظروف معينة وتنقل المواد الى أماكن أخرى فتكون طبقات جديدة تختلف في وضعها عما كانت عليه في السابق.

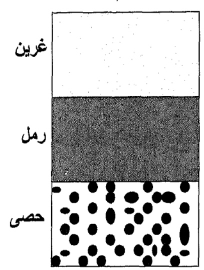
اما الترقق فالمقصود به احتواء بعض الطبقات الصخرية على معادن قرصية وصفيحية رقيقة جدا بحيث يصعب تمييز حجم الحبيبات المكونة لها بالعين المجردة.[13]

2 – التطبيق المتدرج:

يظهر هذا النوع من التطبيق في الصخور التي تتكون من حبيبات مختلفة الحجم مثل الحصى والرمل والطين، حيث تتكون طبقات متدرجة في حجم الحبيبات فتكون الخشنة في الاسفل ثم تعلوها المتوسطة الخشونة وفي الأعلى

الناعمـة، بحيـث تظهـر طبقـات متميـزة في النسـيج وبشـكل متـدرج شـكل رقـم (2 – 16)، وربمـا تتكـرر الحالـة وبنفس الانتظـام في فـترات لاحقـة، وبصـورة عامـة تكون الطبقات غير سميكة وتتراوح ما بين 1سم وبضع أمتار.[14]

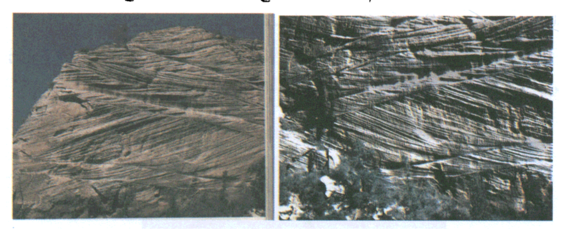
شكل رقم (2 – 16) التطبيق المتدرج



3– التطبيق المتقطع:

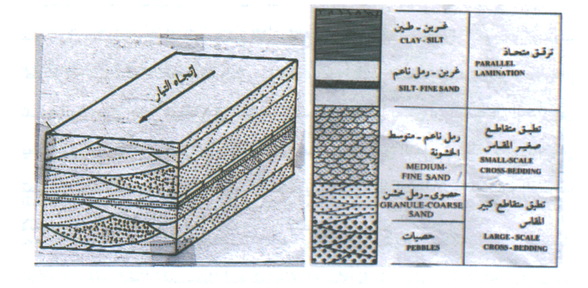
يحـدث في بعـض التراكيـب الصـخرية تطبيـق غـير مـوازي لمسـتوى الترسـيب ويكون بشكل مائل ويعود ذلك الى طبيعة نشأتها حيث لا يكون الترسيب بشـكل مسـتمر بـل متقطـع وفي الغالـب فـترة الانقطـاع طويلـة، وعنـد تكـرار عمليـة الترسـيب فالطبقة الجديدة لا تندمج وتتجانس مع القديمـة وتظهـر أسـطح انفصـال بينهمـا رغـم امتدادها بشكل افقي وبمستوى الطبقة السـابقة، وهـذا يعـني ان الشـكل الخـارجي لا يعبر عن طبيعة امتدادها ولـذلك يسـمى هـذا النـوع مـن التطبيـق في بعـض الأحيـان بالتطبيق الكـاذب، ويعـود التطبيـق في تكوينـه الى التيـارات المائيـة المختلفـة السـرعة والاتجاه، شكل رقم(2 – 17أ) نماذج من التطبيق المتقطع.[15]

شكل رقم(2 – 17أ) نماذج من التطبيق المتقطع



وقد لا تتشابه الطبقات في نوع الترسبات وحجمها ، ويعود ذلك الى سرعة التيار كلما كان سريعا ازدادت قدرته على حمل الرواسب ومنها الخشنة وبالعكس تقل قدرته مع قلة سرعته فيحمل الرواسب الناعمة فقط، ونتيجة لذلك تظهر بعض الطبقات خشنة الرواسب واخرى مجاورة لها من الجوانب او من الأعلى والأسفل ناعمة الرواسب، شكل رقم (2 – 17ب)مقاطع لصخور متباينة الترسبات وهذا يقلل من تماسك تلك الطبقات ويضعف قوتها فتؤثر فيها عمليات التعرية والتجوية بسرعة.

شكل رقم(2 – 17ب) التطبيق المتقطع المتباين الترسبات



4- التوافق وعدم التوافق:

توجد الصخور الرسوبية في الطبيعة على شكل طبقات متباينة في السمك والتكوين وتمتد بشكل افقي وموازية لبعضها البعض ويسودها نوع من الانتظام، أي يسود التوافق في امتداد الطبقات الصخرية، ولكن غير متجانسة ومتماسكة لذا تكون ضعيفة الصلابة.

ان تعرض بعض المناطق الى حركات التوائية وتكتونية آثرت على طبيعة امتداد تلك الصخور فادت الى التواء الطبقات الحديثة التكوين وانكسار الطبقات القديمة، وتتوقف شدة التأثير على قوة الحركة كلما كانت قوية ازداد تأثيرها وتعمل على انكسار طبقات الصخور القديمة والحديثة، وتظهر اثار التشويه واضحة في الامتداد الأفقي لتلك الطبقات الصخرية التي تتعرض للانكسار او الالتواء، وقد يرافق هذا التغير عمليات تعرية وتجوية اكثر من السابق، وحدوث ترسيب لاحق على نطاق واسع فينتج عن ذلك حالات عدم توافق وباشكال مختلفة منها ما يأتي:

أ – عدم توافق زاوي:

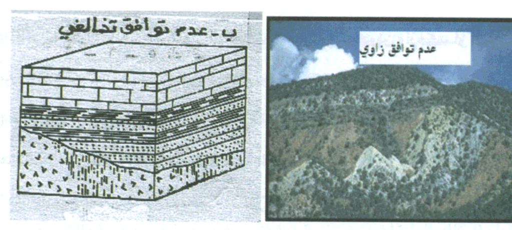
يتكون هذا النوع من التراكيب في الصخور الرسوبية التي تتعرض طبقاتها القديمة السفلى الى نشاط تكتوني قبل ترسيب الطبقات الحديثة العليا فيؤدي الى ميل الطبقات القديمة عن وضعها الأفقي في حين تمتد الطبقات الحديثة بشكل افقي فينتج عدم توافق بين الطبقتين وعلى شكل زاوية لذا يسمى الزاوي او الزاو. شكل رقم (2 – 18أ).

ب – عدم توافق تخالفي:

يظهر هذا النوع من التراكيب في المناطق التي ترسبت فيها الصخور الرسوبية فوق النارية او المتحولة فتكونت أسطح عدم توافق بين نوعي الصخور المختلفة في خصائصها الطبيعية لذلك يسمى عدم توافق تخالفي. شكل رقم (2 – 18ب).

الشكلان (2 – 18 أ وب) عدم توافق زاوي وتخالفي

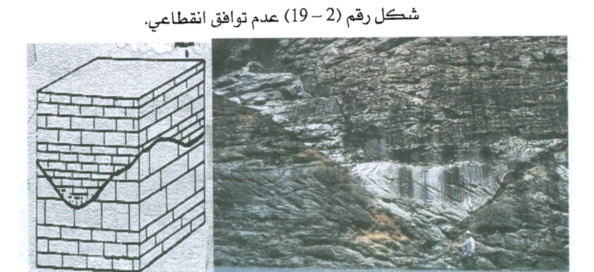
شكل رقم(2 – 18أ) شكل رقم (2 – 18ب)



ج – عدم توافق انقطاعي:

يوجد في الطبقات الصخرية المتشابهة في تركيبها الكيميائي والفيزيائي الا أنها غير متوافقة في الامتداد لانها تكونت في فترات مختلفة، أي تكونت الطبقة القديمة وتعرضت الى عمليات التعرية والتجوية التي ادت الى تأكل أجزاء مختلفة من تلك الطبقة بحيث تنخفض الأجزاء الضعيفة وتبقى الأجزاء القوية مرتفعة، وبعد ذلك تحدث عمليات ارساب لاحقة تؤدي الى تكون طبقات حديثة فوق القديمة والتي لا تتوافق معها في الامتداد رغم التشابه في التكوين، شكل رقم (2 – 19) عدم توافق انقطاعي.

شكل رقم (2 – 19) عدم توافق انقطاعي.



د- عدم توافق غير واضح:

يظهر هذا التركيب في الطبقات التي تتكون من عدة طبقات وتتضمن بينها طبقات محدودة السمك والمساحة ومختلفة النوع او التركيب فتتكون أسطح عدم توافق موازية للامتداد الأفقي، مثل وجود طبقة من الصخور المتحولة وسط طبقات صخرية رسوبية، والتي لاتكن واضحة ولا يسهل تمييزها لذلك يسمى عدم توافق غير واضح.[16] شكل رقم (2 – 20).

شكل رقم (2 – 20) عدم توافق غير واضح



هـ- عدم توافق متموج:

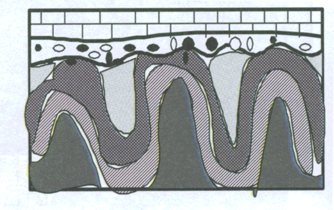
يوجد هذا النوع من التراكيب في الصخور الرسوبية الحديثة التكوين التي تعرضت الى حركات التوائية وتكتونية عملت على التوائها ثم تعرضت الى عمليات التعرية والتجوية لفترة طويلة من الزمن فأدت الى تآكل الأجزاء العليا وخاصة الضعيفة وبقيت الأجزاء الصلبة تعلو ما حولها ، حيث تركزت التعرية في الأجزاء المحدبة في حين تعرضت الأجزاء المقعرة لعمليات ترسيب ادت الى رفع مستواها ولكن اقل من المحدبة فيظهر سطحها متموج، وبعد فترة زمنية طويلة تتعرض تلك المنطقة الى عملية ترسيب لاحقة ينتج عنها تكون طبقات حديثة تختلف في التركيب المعدني والامتداد عن القديمة ، فتظهر حالة عدم توافق واضحة ومتميزة اكثر من غيرها ، شكل رقم (2 – 21أ).

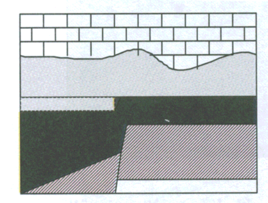
و- عدم توافق انكساري:

يظهر هذا التركيب في الصخور الرسوبية القديمة التكوين التي تعرضت الى حركات مختلفة ادت الى انكسار الطبقات فاتخذت أشكالا مختلفة عن الوضع الذي كانت علية ، اذ ارتفعت أجزاء وانخفضت أخرى بحيث اتخذت وضعا مائلا عن الوضع الأفقي، او قد ينتج عن الانكسار زحف أحد الاطراف المكسورة جانبيا ، المهم يتغير الوضع الطبيعي للطبقات الصخرية فتتعرض لعمليات التعرية والتجوية ومن ثم عملية ترسيب لاحقة ينتج عنها طبقات جديدة تختلف في امتدادها وتركيبها عن الطبقات القديمة. ويظهر في هذا النوع حالة عدم التوافق اكثر وضوحا من الأنواع الأخرى. ولهذه التراكيب أهمية كبيرة لانها تمثل مكامن لتجمع المعادن والمياه والنفط، الاانها ذات مخاطر على المشاريع الهندسية التي تنفذ فوق تلك المناطق، شكل رقم (2 – 21ب).

الشكلان (2 – 21 أ وب)عدم توافق متموج وانكساري

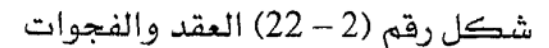
شكل رقم (2 – 21أ) شكل رقم (2 – 21ب)



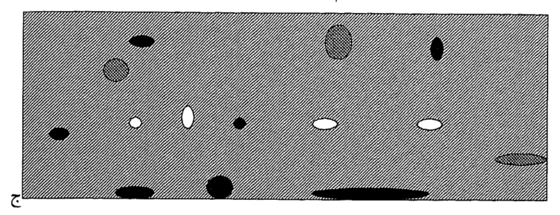


5– العقد والفجوات الصخرية:

تتضمن بعض طبقات الصخور الرسوبية عقد وفجوات مختلفة الاشكال وتنتشر بشكل مبعثر ضمن تكوينات الطبقة الصخرية الواحدة، كما أنها ذات تراكيب كيميائية مختلفة عن الصخور التي تحتويها، ويتخذ بعضها شكلا خطيا متصل اومتقطع و موازي لامتداد الطبقات الصخرية، ويحتل بعض العقد أجزاء من الفواصل بين الطبقات، وقد يمر عبر تلك الفجوات مياه ساخنة تحمل معها معادن ومواد عضوية متنوعة يترسب بعضها في تلك الفجوات فتتصلب بمرور الزمن مكونة عقد تختلف في تركيبها عن الصخور التي تضمها ومتخذة أشكال متنوعة مستطيلة او كروية او بيضوية أو غير منتظمة، وتعد تلك الفجوات مراكز ضعف تنشط فيها عمليات التعرية والتجوية فتقلل من قوة تماسك تلك الصخور.[17] شكل رقم (2 – 22)



شكل رقم (2 – 22) العقد والفجوات

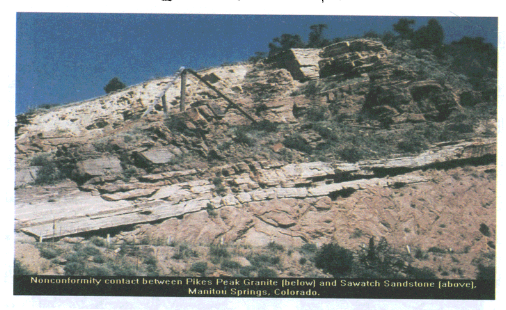


- **التراكيب الاولية في الصخور المتداخلة:**

تتداخل الصخور في باطن الارض مع بعضها ويظهر ذلك واضحا بين النارية والرسوبية عندما يندفع الصهير البركاني عبر صخور القشرة الارضية فتعمل على تغيير خصائص بعض المعادن الفيزيائية والكيميائية بواسطة عملية الإحلال المتبادل بين التكوينات الجديدة والقديمة، فتتحول بعض الصخور القديمة الى نوع آخر نتيجة للحرارة العالية.

وقد يترتب على تلك العملية تباين حجم الحبيبات التي تتكون منها الصخور، بعضها ذات حبيبات خشنة والبعض الأخر ناعمة، ويعتمد ذلك على حجم كتلة الصهير المتداخلة ففي الكتل الكبيرة يسود النوع الخشن وفي الكتل الصغيرة يسود الناعم بسبب تبرد النوع الأخير بسرعة فتتبلور الحبيبات أيضا بسرعة وبحجم صغير، شكل رقم (2 – 23) طبقات صخرية متداخلة.

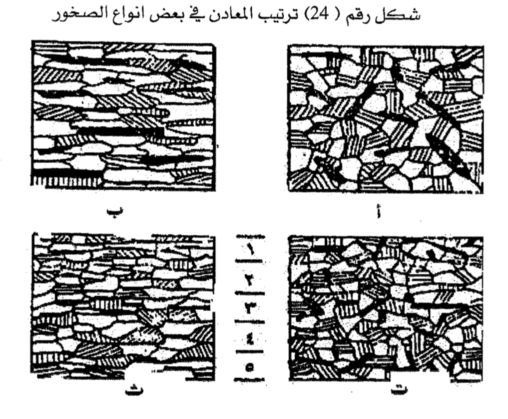
شكل رقم (2 – 23) طبقات صخرية متداخلة


Nonconformity contact between Pikes Peak Granite (below) and Sawatch Sandstone (above), Manitou Springs, Colorado.

كما يؤثر الوضع العام الذي تتخذه الصخور في ترتيب المعادن، فالصخور النارية على شكل كتلة لذا لا يظهر فيها ترتيب المعادن في اتجاه معين، وقد يظهر ترتيبها في بعض الصخور بشكل متورق نتيجة للترتيب المتوازي للمعادن المفلطحة، والتورق على انواع بعضه يتكون أثناء التبلور والبعض ناتج عن الحرارة والضغط الشديدين، ونوع موروث من الصخور التي تعرضت الى التحول مثل الشست، شكل رقم (2 – 24) يوضح طبيعة ترتيب المعادن.

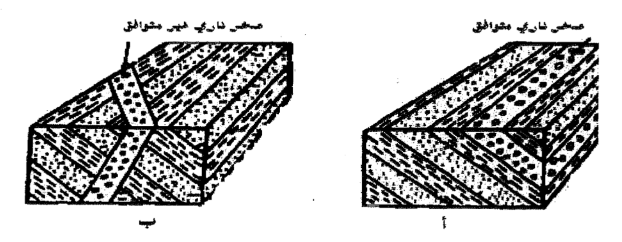
ومن الجدير بالذكر ان الصخور المتداخلة قد تكون متطابقة او متوافقة في امتدادها فتظهر الحدود الفاصلة بينهما موازية لمستويات التطابق في الصخور القديمة، شكل رقم (2 – 25أ). او قد تكون غير متوافقة حيث تتقاطع الصخور النارية الجديدة في امتدادها مع مستويات التطبيق في الصخور الرسوبية القديمة، شكل رقم (2 – 25ب).

شكل رقم (24) ترتيب المعادن في بعض انواع الصخور



أ – صخر كتلي ب – صخر ورقي ت – صخر شرائطي ث – صخر شرائطي وورقي

شكل رقم (25 أ ، ب) توافق وعدم توافق امتداد الصخور الرسوبية والنارية في الطبقات تحت السطحية



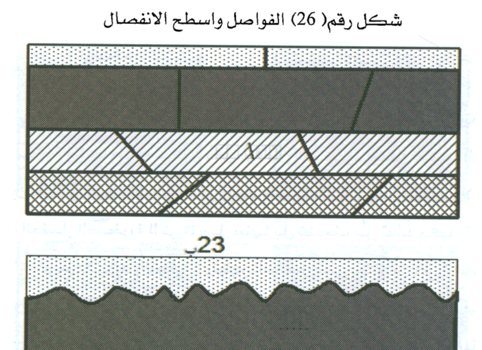
2 – التراكيب الثانوية:

أ – الفواصل Joints

وهـي مستويات او أسطح انفصال توجد في جميع انواع الصخور وتكون بأشكال مختلفة حسب طبيعة تكون كل نوع من الصخور، ويمثل بعضها الحدود الفاصلة بين طبقة واخرى والبعض الأخر يوجد ضمن الطبقة الواحدة، وانها لا تؤدي الى تحرك الكتل الصخرية التي تفصل بينها بل تضعف من تماسكها وتجعلها عرضة لتأثير عوامل التعرية والتجوية، وتظهر الفواصل على نطاق واسع في الصخور الرسوبية وتكون في اتجاهات متعامدة أي رأسية وأفقية وعلى مسافات متباينة تتراوح ما بين عدة سنتمترات وعدة أمتار، وتقل تلك الفواصل في الصخور النارية لانها كتلية وتظهر في الصخور الجرانيتية اكثرمن البازلتية، وتساعد تلك الفواصل على انفصال الكتل الصخرية عن بعضها عند تعرضها الى قوى مؤثرة تعمل على تحرك الكتل المنفصلة من مكانها، شكل رقم (2 – 26أ) بعض انواع الفواصل.

ومن الجدير بالذكر ان بعض مستويات الانفصال تكون مجعدة أو متموجة نتيجة لانكماش الصهير بعد تبرده بالنسبة للصخور النارية الجرانيتية أو لتعرضها الى حركات أرضية التوائية اوتكتونية بطيئة، ويظهر أيضا في المناطق التي تعرضت الى حركات المد والجزر والمناطق الرملية التي تعرضت إلى رياح عملت على تجمعها بشل متموج، أي تكون ظاهرة النيم، وبمرور الزمن وتحت تأثير عوامل مختلفة تماسكت وتصلبت بحيث حافظت على شكلها بعد ان ترسبت فوقها طبقات غير مشابهة لها في نوع الرواسب، لذا تبقى أسطح الانفصال واضحة بينهما وبشكل متموج، شكل رقم (2 – 26 ب)، وتساعد تلك الفواصل على تنشيط عمليات التعرية والتجوية واضعاف قوة وتماسك الصخور والذي تنعكس أثاره على النشاط البشري القائم او الذي سيقام فوق تلك المواضع.

شكل رقم(26) الفواصل واسطح الانفصال



ب- الثنيات او الطيات Folds

تتكون الثنيات او الطيات نتيجة لتعرض الطبقات الصخرية الى حركات أرضية مختلفة وتكون واضحة في الطبقات الحديثة التكوين وقليلة الصلابة، اذ تتكون ثنيات محدبة(anticline) او مقعرة (syncline).

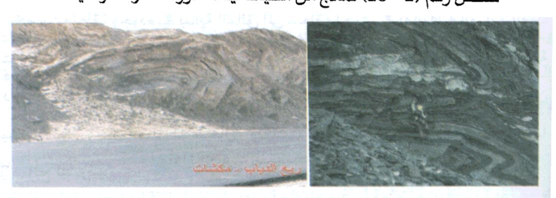
وتكون على انواع كالنائمة والمقل بة والقبابية والمتماثلة والأحادية الميل.[18] شكل رقم (2 – 27)، ويعد هذا النوع من التراكيب الثانوية ذا أهمية كبيرة حيث تمثل بعض تلك الطيات مكامن جيدة لتجمع الرواسب المعدنية او النفط او المياه الجوفية، الاانها ذات مخاطر بالنسبة للمشاريع الهندسية كالعمران والطرق والجسور والسدود والخزانات لما ينتج عنها من مشاكل موضعية حسب نوع تلك الطيات والصخور المكونة لها وطبيعة المشروع، شكل رقم(2 – 28)نماذج من الطيات في صخور القشرة الارضية.

شكل رقم (2 – 27) انواع الثنيات او الطيات

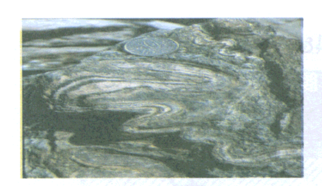
ط. مستقيمة قائمة
ط.عادية
ط. غير متناظرة مائلة
ط. عرفية
ط. قائمة (منحنية)
ط. صندوقية
ط. مائلة
ط. مروحية
ط.نائمة
طية متماثلة الميل

أنواع الطيات

شكل رقم (2 – 28) نماذج من الطيات في صخور القشرة الارضية.







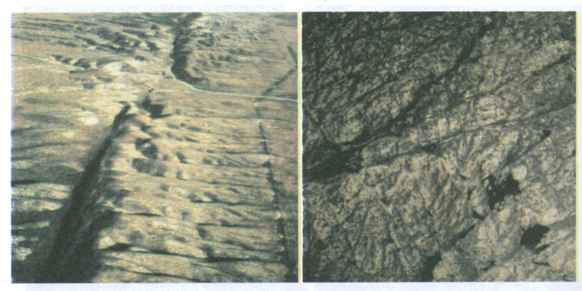
ج – الفوالق faults

تظهر الفوالق في المناطق التي تتعرض إلى حركات أرضية بطيئة او سريعة كالزلازل والبراكين فينتج عنها تحرك الطبقات المنكسرة عن بعضها رأسيا او أفقيا فيظهر فالق في الطبقات الصخرية، وقد يكون واضح في جميع الطبقات العليا والسفلى او يكون اكثر وضوحا في الطبقات تحت السطحية، ويمتد لمسافة طويلة تصل مئات الكيلومترات وبأعماق وسعات مختلفة، وتسمى في بعض الأحيان بالظواهر الخطية، ولهذه الظاهرة فوائد ومخاطر، فهي مكمن لموارد عدة من المعادن المختلفة والنفط والقار والمياه الجوفية، حيث تظهر العيون على امتداد تلك الفوالق في العديد من مناطق العالم، كما ينتقل عبرها بعض المواد السائلة كالنفط والقار، وهذا ماحدث في العراق حيث انتقل القار عبر فالق يمتد اكثر من 70 كم من منطقة وجوده في بداية الفالق الى منطقة أخرى في نهايته(فالق أبو القير- هيت) فقد ظهر القير في نهاية الفالق على شكل عيون كما ظهر في تلك المنطقة عدد من عيون المياه المعدنية التي تستخدم للأغراض الطبية، وتحتوي بعض العيون كبريتيد الهيدروجين القابل للاشتعال، وتمت الاستفادة من المياه في الزراعة الا أنها غير صالح للشرب.

ومن المخاطر الناتجة عن الفوالق أنها تمثل مناطق ضعف وانها على العموم غير مستقرة وتحت تأثير نشاط تكتوني وهذا له تأثير سلبي على المشاريع التي تقام فوق

تلك المناطق او بالقرب منها، وهذا ماحدث في مدينة هيت التي تقع عند نهاية الفالق حيث ارتفعت مناسيب المياه الجوفية في المناطق المنخفضة من المدينة فأدت الى تدمير الأبنية ورفع نسبة الملوحة في التربة رغم القيام بالعديد من الإجراءات التي تحد من ذلك، شكل رقم (2 – 29) صورة لفالق.

شكل رقم (2 – 29) صور لفوالق



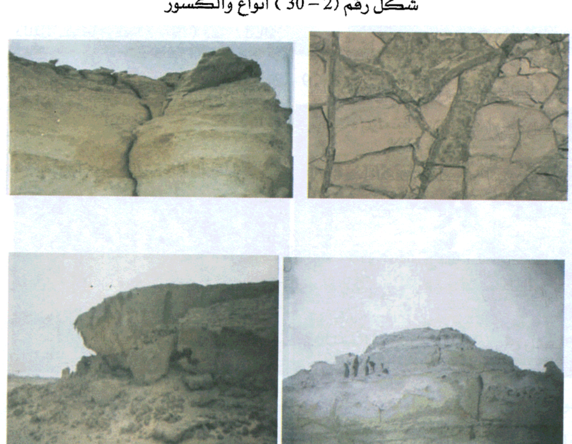
د – الانكسارات

تتعرض الطبقات الصخرية الى الانكسار تحت تأثير عوامل مختلفة خارجية وباطنية، وتتخذ الكتل المنكسرة أوضاعا مختلفة لتحركها رأسيا او اوافقيا عن الكتلة او الطبقة التي انفصلت عنها وحسب اتجاه قوة التأثير، شكل رقم (2 – 30) صور لبعض انواع الكسور في الطبقات الصخرية.

وقد تكون تلك والانكسارات متصلة عموديا وأفقيا وعلى مسافات متقاربة او متباعدة وتكون منتظمة او غير منتظمة، حيث تعمل المتقاربة على تفتت الكتل الصخرية وتمزيقها وذلك لتركز عمليات التعرية والتجوية في تلك الكسور، كما

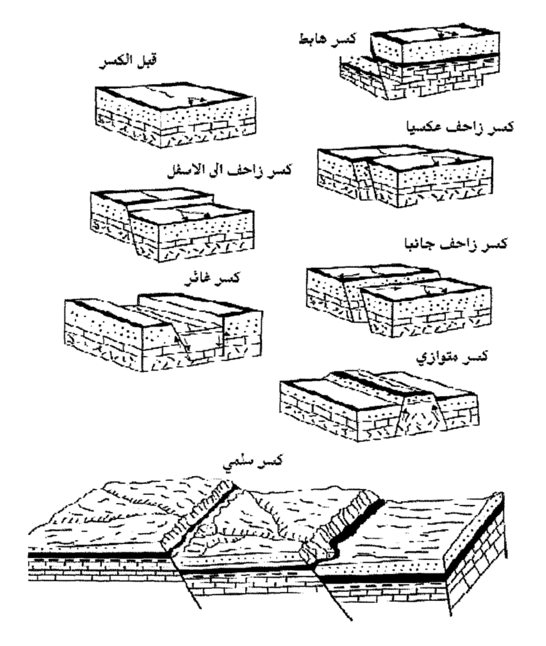
يكون لها الدور الفاعل في عمليات الانزلاق والزحف والسقوط الذي تتعرض له المنحدرات وبشكل متميز في الطبقات الصخرية المائلة مع الانحدار.

شكل رقم (2 – 30) انواع والكسور



وقد ظهرت تصانيف لانواع الانكسارات التي تحدث في صخور القشرة الارضية، وقد لاتكن واضحة في كثير من الاماكن، وان ما يمثله واقع الحال للانكسارات هو ما توضحه الصور الحقيقية لبعض الكسور التي تم التقاطها من ارض الواقع كما في الصور اعلاه، ولغرض التوضيح الشكل رقم (2 – 31) انواع الكسور حسب التصانيف المتداولة في الدراسات الجيومورفولوجية.

شكل رقم (2 – 31) انواع الكسور حسب التصانيف الجيومورفولوجية



خامسا – عناصر الضعف في الصخور

تختلف الصخور عن بعضها في عناصر الضعف والقوة لذا تتباين في استجابتها لعوامل التعرية والتجوية والحركات الارضية، وتتأثر الصخور بعناصر داخلية تتمثل بتركيبها المعدني ونسيجها وطبيعة امتدادها وما تتضمنه من مسامية واسطح

انفصال، و التي تؤدي كثرتها الى اضعاف الصخور لتركز عمليات التجوية والتعرية فيها فتقلل من قوة الصخور ومقاومتها، كما يكون لتبلور المعادن المكونة للصخور اثر في ذلك، فالمعادن القديمة التبلور اقل مقاومة لعمليات التعرية والتجوية من الحديثة التبلور.

وعلى العموم يمكن تمييز نوعين من عناصر الضعف الصخري هما:

أ – عناصر ضعف نوعي:

وتعود الى نشأة الصخور وظروف تكوينها وتركيبها الكيميائي وخصائصها الفيزيائية كالنسيج والمسامية النفاذية والمادة اللاصقة ولون الصخور وطبيعة بنائها الطبقي ونظامها المفصلي.

ب – عناصر ضعف مكتسبة:

وهي ناتجة عن اثر البيئة التي توجد فيها الصخور عند تكوينها أو بعده وما ينتج عنه من شقوق وصدوع وميل الطبقات وانقطاعها وارتفاعها وهبوطها نتيجة للحركات التكتونية وتأثير المناخ والمياه الجوفية والجارية. (19)

ولغرض التوضيح سيتم تناول عناصر ضعف الصخور بشكل عام لاهمية الموضوع في مجال الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية

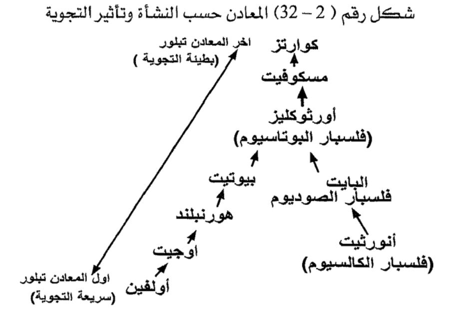
1– زمن تبلور المعادن:

ان تبلور المعادن وانتشارها في الطبيعة لم يكن في وقت واحد بل على فترات متباعدة، لذا منها ماهو قديم الوجود واخرى حديثة جدا، والبعض الاخر ما بين القدم والحداثة، وقد كان لذلك الاثر الكبير في صلابتها ومدى استجابتها لعمليات

التعرية والتجوية، حيث تكون القديمة سريعة الاستجابة للتعرية والتجوية والحديثة بطيئة الاستجابة.

مثال ذلك الاولفين اقدم المعادن تبلورا والكوارتز احدث تبلورا ولكن الأخير اكثر مقاومة من الاول.[19] شكل رقم(2 – 32) مخطط يبين المعادن حسب النشأة

شكل رقم (2 – 32) المعادن حسب النشأة وتأثير التجوية



2– نظام الفواصل او اسطح الانفصال:

تختلف الصخور عن بعضها من حيث نظامها المفصلي والبنية وميل الطبقات وهذا ما يجعل الاستجابة للعمليات الجيومورفولوجية متباينة من نوع لاخر، وقد تكون المفاصل والشقوق منتظمة او غير منتظمة حيث تعود في نشأتها الى عدة عوامل مثل تبرد الصخور بعد تكونها او تعرضها الى ضغط ناتج عن حركات أرضية مثل الشد الذي تتعرض له القمم المحدبة من الالتواء او الضغط الذي تتعرض له الثنية المقعرة، وقد تكون الكسور او الشقوق قريبة من سطح الارض أي في الجزء الخارجي من الصخور، وبعضها متصلا والبعض الأخر غير متصل أي لا تتقاطع مع بعضها.

3- تأثير الحركات الارضية

تسهم الحركات الارضية في تغير بعض المظاهر من خلال رفع مستوى بعض المناطق وخفض البعض الأخر، والذي يخضع بدوره الى عمليات التعرية والتجوية التي تسهم أيضا في تغيير المظهر العام للأرض.[20] وهذا التغير يترتب عليه تغير البنية والتركيب المعدني للتربة والصخور والتي تنعكس أثارها على الخصائص العامة لتلك التكوينات فتزيد من صلابتها او تضعفها والتي تنعكس أثارها على النشاط البشري،

4- اثر البيئة:

تتأثر المعادن بالبيئة التي توجد فيها الصخور سواء كانت رطبة، جافة، حارة، باردة، أي لكل بيئة تأثير متميز عن غيرها وبدرجات متفاوتة.

5- تأثير درجات الحرارة

يعد العامل المناخي من اكثر العوامل الخارجية وضوحا في التأثير، اذ تعد الصخور بصورة عامة مواد رديئة التوصيل للحرارة لذا ترتفع درجة حرارة سطحها الخارجي عند ارتفاع درجة حرارة الجو، في حين تبقى حرارة الأجزاء الداخلية منخفضة، فيترتب على ذلك تمدد وانكماش متبادل ضمن الأسطح الخارجية للصخور اكثر مما في الداخل، وينتج عن ذلك ضغط داخل الصخور مسببا تشقق أسطحها وتكسرها، ويسمى هذا النوع من التجوية بالعزل، وتحدث هذه الظاهرة في المناطق الصحراوية على نطاق واسع بسبب التغير الكبير في درجات الحرارة اليومية والفصلية، ويظهر التأثير واضحا في الصخور الداكنة مثل الصخور الرسوبية المائلة الى اللون الأسود او الأحمر لاحتوائها على اكاسيد الحديد او مواد عضوية والتي تسهم في امتصاص كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي والتي تؤدي الى رفع

حرارة الأجزاء الخارجية من تلك الصخور فتزيد من سرعة تكسرها اكثر من الصخور الخالية من تلك المواد.

وتتصف الصخور بتنوع التركيب الكيميائي، أي تتكون من معادن مختلفة، والتي تتباين في معامل تمددها الحراري، لذا يصاحب التغير في درجات الحرارة تمدد وتقلص تلك المعادن بصورة غير متماثلة فينتج عن ذلك تشقق وتفتت الطبقات السطحية من تلك الصخور، على سبيل المثال معامل التمدد الحراري الحجمي للكوارتز 0، 00031 و الهورنبلند 0، 00028 والارثوكليز 0، 00017، أي يكون التمدد في الكوارتز ضعف الارثوكليز، كما ان معامل التمدد الطولي للكوارتز $75x10^{-7}$ ويكون في اتجاه واحد، في حين يتمدد الارثوكليز في اتجاهين أحدهما $2x10^{-5}$ والثاني $2x10^{-10}$.

كما تتعرض الأملاح الى التمدد الحراري وهي ذات معاملات تمدد عالية تفوق المعادن لذا تسبب الأملاح التي تحتويها الصخور في تكسرها وتشققها، ويزداد تأثيرها بازدياد نسبتها في الصخور.

6- التأدرن او الهدرجة Hydration

يترتب على تحول بعض المعادن من نوع لاخر ازدياد حجمها فيؤدي ذلك الى تفتت وتكسر وتشقق الصخور التي تحدث فيها هذه الظاهرة، مثل تحول الانهيدرايت الى جبس والذي يزداد حجمه 33٪، وكذلك الحال بالنسبة الى بعض المعادن الطينية مثل المنتمورولنايت الذي يمتص الماء فيزداد حجمه من 14 الى 17 أنجستروم مسببا ضغطا كبيرا على ما يوجد فوقه من منشآت فيعمل على تدمير الأبنية التي تقام فوقه اذا كان بكميات كبيرة.

7- عمليات التمدد والانكماش

تحدث عمليات التمدد والانكماش في بعض التكوينات الطينية والناتجة عن ظاهرتي الرطوبة والجفاف.

8- عمليات الإذابة

تتباين المعادن والأملاح في قابليتها على الذوبان بالماء وتعد معادن الفلسبار والسليكات من المعادن التي لها قابلية كبيرة على الذوبان، لذا تكون الصخور التي تتضمنها ضعيفة في المناطق الرطبة.

وكذلك الحال بالنسبة للأملاح فهي الأخرى تتباين في قابليتها على الإذابة فبعضها سريعة الذوبان بالماء مثل كلوريد الصوديوم والمغنيسيوم، في حين يكون الجبس اقل قابلية، اما كاربونات الكالسيوم بطيئة الإذابة، وتظهر اثار ذلك واضحة في المناطق الرطبة، حيث تتعرض الصخور المحتوية على تلك المعادن والأملاح بنسب عالية الى التآكل والتجوية وتكون على شكل حفر واضحة، اما في المناطق الجافة وشبه الجافة فيكون الأثر محدودا لقلة الرطوبة.[21]

ويساعد وجود ثاني أو كسيد الكار بون الذائب في الماء على زيادة نسبة إذابة المعادن والأملاح، ويسبب في رفع حامضية التربة والصخور(PH) نتيجة لتركز أيون الهيدروجين.

9- عمليات التفاعل:

تتفاوت المعادن في قابليتها على التفاعل مع الحوامض، حيث تتفاعل بعض تلك المعادن مع حامض الكاربونيك الناتج عن ذوبان ثاني اوكسيد الكاربون في الماء، فيؤدي الى تآكل تلك الصخور بمرور الزمن، فيؤثر ذلك على المنشآت المقامة في تلك الاماكن.

10- تباين صلابة المعادن:

تتباين المعادن في صلابتها. وقد تم تقسيمها الى عشرة انواع حسب درجة الصلابة حيث يحتل التلك مرتبة رقم واحد لكونه اقل المعادن صلابة. في حين يحتل الماس المرتبة العاشرة على اعتباره اشد المعادن صلابة، وتقع بقية المعادن ما بين المرتبتين بعضها يميل الى الضعف واخرى تميل الى الصلابة، ففي الصخور التي تضم معادن ضعيفة تتعرض الى التعرية والتجوية بشكل واضح، اما الصلبة فيكون التأثير فيها محدودا.

11- طبيعة وجود الصخور في القشرة الارضية:

تتخذ الصخور اوضاعا متنوعة في القشرة الارضية، فقد تكون طبقية او كتلية، وقد تكون متوافقة او غير متوافقة في الامتداد والتركيب المعدني والسمك وحجم الحبيبات، كل ذلك تكون له اثار كبيرة على طبيعة صلابة الصخور ومدى تجانسها مع ما يحيط بها من كتل وطبقات، ففي الغالب توجد انواع من الصخور في نفس المكان فتكون غير متجانسة مع بعضها، لذا تمثل نقاط ضعف في تلك التكوينات.

12- بنية الصخور والتعاقب الطبقي:

تختلف الصخور في بنائها الطبقي من حيث سمك الطبقات ونوعها وصلابتها، فقد توجد طبقة صلبة تليها ضعيفة، أو طبقة سميكة يليها طبقة رقيقة، وقد تتعرض الطبقات الضعيفة والرقيقة الى التأكل والتراجع، وتبقى الطلبقات الصلبة والسميكة بارزة.

سادساً – حماية الصخور من التعرية والتجوية:

تتعرض الصخور الى عوامل التعرية والتجوية التي تعمل على تشويه شكلها وتقلل من صلابتها، وخاصة التي تستخدم في واجهات الأبنية، ويكون اكثر وضوحا في المناطق الرطبة التي تتعرض للأمطار الحامضية، وتؤثر عناصر المناخ المختلفة من حرارة ورطوبة ورياح على الصخور وبدرجات متباينة حسب طبيعة الصخور ودرجة مقاومتها والمناخ السائد، لذا يجب حمايتها لكي تحافظ على وضعها الطبيعي فترة زمنية اطول من خلال تجفيفها وتنعيم سطحها حتى لا تتجمع مياه الامطار فوقها وعدم السماح لها بالتسرب الى داخلها عبر المسامات والفواصل التي تتضمنها تلك الصخور، ويقل تأثير الحرارة والرياح والرطوبة فيها، كما يستخدم زيت بذر الكتان المغلي في طليها مرتين او ثلاث، ومن ثم طليها بزيت النشادر المخفف لمنع التبقع من اثر الزيت، ويستخدم في بعض الأحيان شمع البرافين في محلول متطاير لتغطية سطح الصخور التي تستخدم في واجهات الأبنية والنصب التذكارية المعرضة للظروف المناخية، وفي الظروف المناخية القاسية يمكن إعادة طليها بشكل مستمر للمحافظة عليها.[22]

سابعاً– اوضاع الصخور في القشرة الارضية

تتخذ الصخور اوضاعا مختلفة ضمن تكوينات القشرة الارضية، شكل رقم (33) اوضاع الصخور العامة في القشرة الارضية، ومنها ما يلي:

1– الوضع الطبقي الافقي المنتظم:

تمتد طبقات الصخور بشكل متوازي ومستقيم وبسمك ونوع متباين، وقد تكون على مسافات طويلة تصل مئات الكيلومترات، رقم 1.

2- الوضع الطبقي المائل:

تتخذ بعض الطبقات الصخرية وضع مائل اما الى الاسفل ا والى الاعلى، أي تنحرف عن الوضع الافقي، وتكون لمسافات قصيرة تصل الى عدة امتار، رقم 2 و 3.

3- الوضع العمودي:

تظهر بعض الطبقات الصخرية في وضع غير مألوف وتكون عمودية الشكل، أي اتجاه الطبقات نحو الاعلى، رقم 4.

4- الوضع غير المنتظم:

تظهر بعض التكوينات الصخرية في اماكن كثيرة من القشرة الارضية في وضع غير منتظم، حيث تمتد كتل صخرية في وضع افقي واخرى بشكل مائل او عمودي، وتكون في اماكن محددة المساحة لاتتجاوز عدة امتار، رقم 5.

5- الوضع المركب:

تمتد بعض الطبقات الصخرية بشكل مختلف، حيث تمتد كتل صخرية في وضع عمودي وتليها اخرى في وضع افقي، رقم 6.

6- الوضع المتداخل:

توجد الطبقات الصخرية في بعض الاماكن بشكل متداخل، حيث تمتح صخور نارية ضمن طبقات صخرية رسوبية او متحولة، حيث تتخذ وضعا افقيا او مائلا عن الامتداد الافقي، رقم 7.

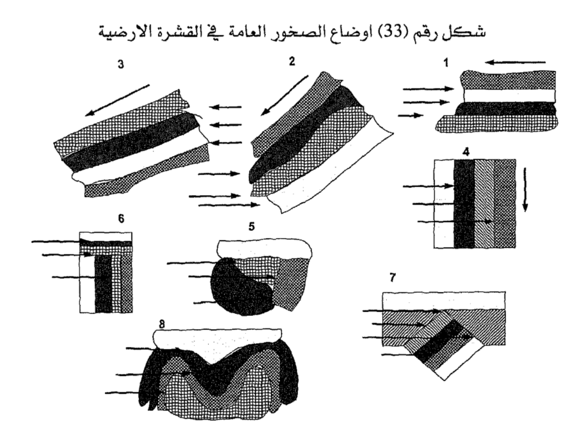
7– الوضع المتموج:

تتعرض بعض الصخور في بداية تكونها الى حركات التوائية فتعمل على طيها باوضاع مختلفة، فتغير من وضعها ضمن تكوينات القشرة الارضية، والتي تسمى بالطيات، رقم8.

8– الوضع الكتلي:

تتخذ كثير من الصخور وضعا كتليا غير طبقي مثل الصخور النارية وانواع من الصخور الرسوبية مثل صخور الصوان والمتكتلات والرملية، والتي لاتكن متجانسة مع الانواع الاخرى، شكل رقم(34) مجموعة الصور تبين نماذج من اوضاع الصخور في الطبيعة

شكل رقم (33) اوضاع الصخور العامة في القشرة الارضية



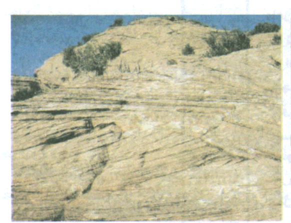
شكل رقم (34) مجموعة الصور تبين نماذج من اوضاع الصخور في الطبيعة













ثامناً- التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية:

يعد التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية ذا أهمية كبيرة في دراسة الصخور ومعرفة طبيعة وجودها في سطح القشرة الارضية رأسيا وأفقيا وكما يأتي:

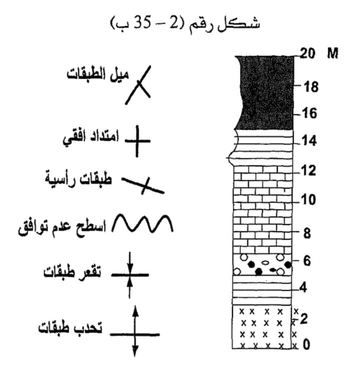
1- مقاطع رأسية للطبقات الصخرية:

توضح المقاطع الرأسية بنية الطبقات وترتيبها وسمكها ومن خلال الدراسة الميدانية ، ووفق مقياس رسم معين يتم اختياره بما يتناسب وسمك الطبقات ، كما يتم تمثيل كل طبقة برمز أولون معين حيث توجد رموز متفق عليها عالميا ، شكل رقم (2 – 35أ) ، ويمكن ان يختار الباحث رموز تعبر عن نوع الطبقات وسمكها ويوضح ذلك في دليل الخريطة ، وتتضمن تلك المقاطع بعض الرموز التي توضح بعض المظاهر التي تتضمنها تلك الطبقات الصخرية مثل ميل الطبقات والطيات والانكسارات كما في الشكل رقم (2 – 35ب).

شكل رقم (2 – 35أ) مقطع جيولوجي حسب الرموز الشائعة

صخر جيري
صخر رملي
طفل shale
كونجلوميرات
رواسب نهرية
حجر جيري بطروخي
دلومايت
صخور نارية
حجر طيني
جريت
طفل اسود
صخر جيري طحلبي
مارل marl
متبخرات

شكل رقم (2 – 35 ب)



ويتطلب رسم المقطع الخطوات الآتية:

أ) قياس ارتفاع المقطع عموما من الاعلى الى الاسفل.

ب) قياس سمك كل طبقة على حده مع تحديد نوع الصخر الذي تتكون منه.

ج) تحديد الرمز المناسب لكل نوع من تلك الصخور سواء من الرموز العامة او يقوم الباحث باختيارها.

د) اختيار مقياس رسم ملائم للارتفاع العام للمقطع وارتفاع كل طبقة.

ه) رسم المقطع بعد توفير المعلومات المذكورة أعلاه ويمكن ان يكون بشكل يتضمن التغيرات التي أحدثتها عمليات التعرية والتجوية في الطبقات الصخرية والتي تعبر عن مكامن الضعف والقوة فيها من خلال تقدم وتراجع الطبقات.

مثال:

ارسم مقطعا رأسيا او طوليا لعدد من الطبقات الصخرية في مكشف صخري يتكون من عدة الطبقات متباينة السمك وهي من الأعلى الى الاسفل كما يأتي:

حجر رملي 5م، طفل 2، 5م، حجر جيري 6م، متكتلات 1، 5م، دولومايت 2م، جرانيت 3م، مجموع ارتفاع الطبقات الصخرية 20م يمكن ان يكون مقياس الرسم 1/ 200 أي كل 1سم = 2م حسب اختيار الباحث ومن المثال السابق يكون المقطع كما في الشكل رقم [2 – 35ب].

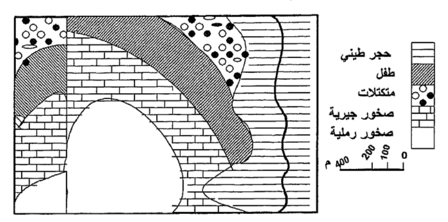
2– خرائط ومقاطع للامتداد الأفقي للطبقات الصخرية:

توجد الصخور على شكل طبقات وخاصة الرسوبية التي تعد من اكثر الصخور انتشارا، اما الصخور النارية فتكون على شكل كتل بصورة عامة، على أية حال يمكن تمثيل امتدادها على شكل خرائط ومقاطع تعبر عن الوضع الطبيعي الذي توجد فيه تلك الصخور وكما يأتي:

أ – خريطة جيولوجية للطبقة العليا أو السطحية:

تستخدم الخرائط الجيولوجية في توضيح نوع الصخور التي تغطي منطقة معينة وتقتصر على الطبقة السطحية فقط، حيث تحدد انواع الصخور المنتشرة في تلك المنطقة وسمكها، وتثبت على خريطة منطقة الدراسة ومن ثم تستخدم الرموز الخاصة بكل نوع من تلك الصخور والتي يتم توضيحها في مفتاح الخريطة، شكل رقم (2 – 36)خريطة تبين توزيع انواع الصخور.

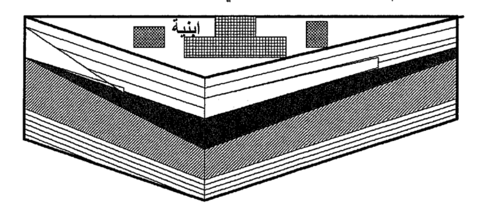
شكل رقم (2 – 36) خريطة التكوينات السطحية



ب – مقطع عرضي للامتداد الأفقي والرأسي للتكوينات السطحية وتحت السطحية:

توضح المقاطع العرضية طبيعة امتداد الطبقات الصخرية في مواضع المشاريع أفقيا ورأسيا ولا يكون على نطاق واسع بل على نطاق محدود يعبر عن نوع التكوينات التي يقع فوقها المشروع، حيث يظهر نوع الصخور وسمكها وامتدادها، أي يوضح أبعاد تلك الطبقات في الجهات التي يمثلها المقطع، كأن تكون من الشمال والشرق او من الجنوب والغرب، شكل رقم (2 – 37).

شكل رقم (2 – 37) الامتداد الأفقي للتكوينات السطحية وتحت السطحية



ج – تمثيل الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية على الخرائط الكنتورية:

تستخدم الخرائط الكنتورية في تمثيل الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية في حالة توافق امتدادها بشكل منتظم ومـوازي للخطوط الكنتورية التي تقع عند مستواها حدود الطبقات، وعليه يجب توفير خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة لتعيين حدود كل طبقة بالنسبة للخطوط الكنتورية، وتستخدم لتوضيح طبيعة امتداد الطبقات الصخرية ضمن منطقة محددة جبلية أو هضبية او أودية او تشمل جميع تلك المظاهر، حيث تعبر تلك الخرائط عن التباين في سمك الطبقات أفقيا ورأسيا في منطقة الدراسة.

مثال:

مثل الطبقات الصخرية على الخريطة الكنتورية في الشكل رقم(2 – 38أ) حيث تقع النقطة أ على ارتفاع 500م والتي تمثل الحدود السفلى لطبقة من الحجر الجيري سمكها 150م وتعلوها طبقة من الصخور الرملية غير معلومة السمك، في حين تقع الى الاسفل من طبقة الحجر الجيري طبقة من الحجر الطيني سمكها 200م والى الاسفل منها طبقة من المتكتلات غير معلومة السمك.

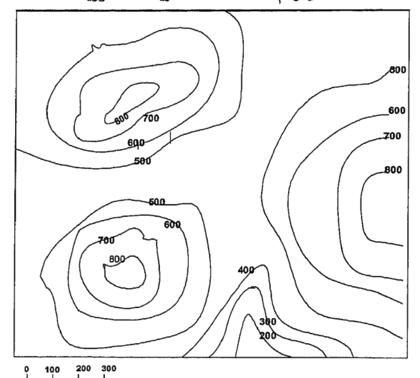
الحل:

1. رسم دليل جيولوجي للمنطقة(عمود) شكل رقم (2 – 38ب).
2. تحديد مكاشف الطبقات وكما يأتي:

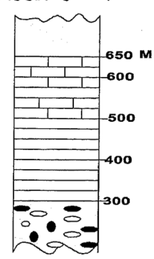
أ. يمثل خط كنتور 500 السطح السفلي لطبقة الحجر الجيري الى ارتفاع 650 م ويقع فوقها طبقة رملية غير معلومة الارتفاع، ويمثل خط كنتور 500 سطح علوي لطبقة الحجر الطيني الى خط 300.

ب. يمثل الخط 300 سطح اسفل لطبقة الحجر الطيني التي تبدأ من 500، وسطح أعلى لطبقة المتكتلات التي تمتد نحو الأسفل الى نهاية الخريطة، أي غير معلومة السمك، شكل رقم (2 – 38ج)

شكل رقم (2 – 38 أ) – خريطة كنتورية



شكل رقم (2 – 38ب) عمود جيولوجي



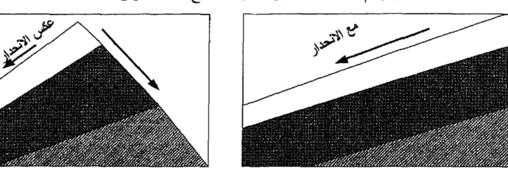
شكل رقم (2 – 38ج) تمثيل الطبقات الصخرية على الخريطة الكنتورية

3– مقاطع وخرائط للامتداد المائل للطبقات الصخرية:

أ – مقطع عرضي للامتداد المائل للطبقات:

تتخذ بعض الطبقات وضع مائل ويكون الميل باتجاه معين قد يتوافق مع الانحدار العام او لا يتوافق معه ويكون باتجاه معاكس، ولهذه الظاهرة أهمية كبيرة عند تخطيط أي مشروع او ممارسة أي نشاط في مثل تلك الأماكن، لذا يتم تمثيل امتداد تلك الطبقات بمقاطع عرضية توضح اتجاه الميل ومقداره، شكل رقم (39 – 2).

شكل رقم (2 – 39) ميل الطبقات مع الانحدار وعكسه

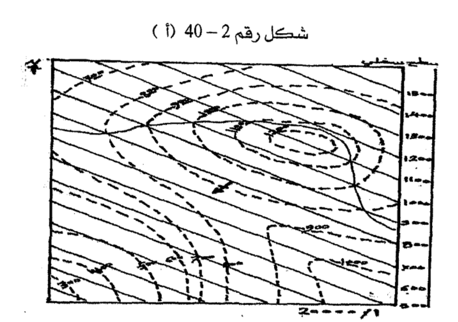


ب – تمثيل الامتداد المائل للطبقات على الخرائط الكنتورية:

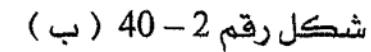
تستخدم الخرائط الكنتورية في توضيح ميل الطبقات الصخرية على ان يؤخذ بالاعتبار ميل الطبقات وطبيعة الانحدار، لذا يستعان بما يعرف بخط المضرب وهو خط وهمي افقي يتقاطع مع سطح الطبقة الأصلي ويشكل خطآ مستقيما وعلى مستويات عده والتي ستمثل المستويين العلوي والسفلي للطبقات، وتظهر تلك الخطوط بشكل مستقيم ومتوازي، ويتم قياس خط المضرب واتجاه الميل من الشمال المغناطيسي ببوصلة خاصة بذلك حيث تقيس الاتجاه ودرجة الميل التي تثبت على الخريطة التي يتم رسم الطبقات عليها، وتحتاج تلك العملية الى مايأتي:

1) تكون خطوط المضرب عمودية على اتجاه الميل الحقيقي وتشكل منسوبا لاسطح الطبقات، ومناسيب تلك الخطوط تتناقص باتجاه الميل وتزداد عكس اتجاه الميل، شكل رقم (2 – 40أ).

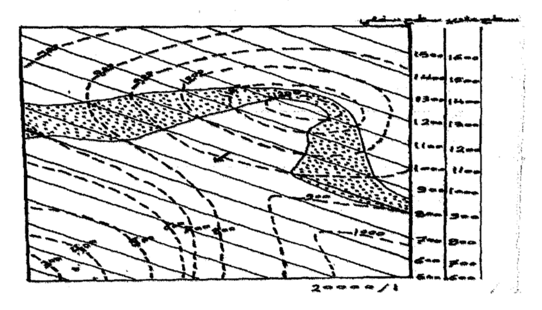
شكل رقم 2 – 40 (أ)



2) يحدد أسطح الطبقات من تقاطع خطوط المضرب مع الخطوط الكنتورية المساوية لها بالقيمة او المنسوب، ومن خلال توصيل نقاط التقاطع يظهر سطح الطبقة وطبيعة امتدادها المائل، شكل رقم(2 – 40 ب)



شكل رقم 2 – 40 (ب)



3) تتغير مناسيب خط المضرب الواحد ويستخدم في رسم جميع أسطح التتابع الطبقي للطبقات التي تميل باتجاه واحد ميلا منتظما ، ويكون الفرق بين منسوب واخر مساويا لسمك الطبقة.[23]

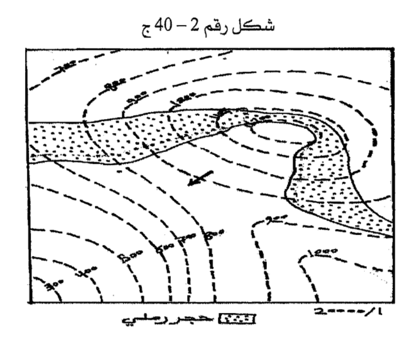
وبعد ذلك تزال الخطوط من الخريطة فتظهر الطبقات بشكل واضح، شكل رقم (2 – 40 ج).

مثال: وضح امتداد طبقة صخرية من الحجر الرملي كما في الشكل رقم (2 – 40أ) والتي سمكها 100 م وتقع حدودها السفلى على ارتفاع 1000م.

الحل:

يتم توقيع الحدود السفلى عند ارتفاع 1000م وامتدادها عند تقاطع خطوط المضرب مع الخطوط الكنتورية المساوية لها في القيم، اما الحدود العليا فتكون عند تقاطع خط المضرب بعد تغيير القيم بإضافة 100 الى كل قيمة ، ومن ثم التوصيل بينها فتظهر الطبقة كما في الشكل رقم (2 – 40 ج).

شكل رقم 2 – 40 ج



المبحث الثاني – التربة Soils

أولاً – تعريف التربة والتحري عنها موقعياً:

1- تعريف التربة:

تعني التربة الطبقة الهشة التي تغطي معظم سطح اليابس وبسمك متباين من مكان لاخر يتراوح مابين بضع سنتمترات وعدة أمتار وتتكون من عناصر معدنية مختلفة ناتجة عن تفتت الصخور وعناصر عضوية ناتجة عن تحلل البقايا النباتية والحيوانية، وتعود التربة في تكوينها الى مصدرين رئيسيين وهي اما تربة منقولة ناتجة عن عمليات التعرية والتجوية ونقلتها المياه والرياح والثلوج ورسبتها في مكان آخر، لذا لاتشبه مثل تلك التربة في تركيبها المعدني التكوينات التي ترسبت فوقها لهذا السبب تسمى في بعض الأحيان بالتربة الغريبة.

اما النوع الأخر فهو ناتج عن تجوية وتفتت الصخور وبقاء تلك المفتتات في مكانها لذلك تشبه في تركيبها المعدني الصخور التي ترتكز عليها وتسمى بالتربة المتبقية.

ومن الجدير بالذكر ان خصائص التربة غير ثابتة بل تتغير من زمن لاخر متأثرة بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ. التركيب المعدني للصخور.

ب. عناصر المناخ.

ج. الغلاف الحيوي.

د. طبيعة السطح الذي تقع فوقه التربة.

ه. سمك التربة.

و. كمية الماء في التربة.

ز. الزمن الذي تمر فيه التربة منذ تكوينها.

ح. عمليات التعرية والارساب وما يترتب عليها من إضافة او نقص في سمك التربة.

ط. النشاط البشري من حراثة وزراعة وإزالة وتسميد.[24]

ويعد المناخ من اكثر العوامل تأثيرا على التربة بعناصره المختلفة من حرارة وتساقط ورطوبة وما ينتج عنها من تعرية وتجوية ونمو النباتات والتي تمثل جوانب أساسية في تكوين التربة، لذا تختلف أنواعها من مكان لاخر حسب طبيعة المناخ السائد، شكل رقم (2 – 41). ويظهر تطور التربة واضحا في المناطق الرطبة والمرتفعة الحرارة، أي الأكثر مطرا او مناطق السهول الفيضية، حيث تكون التربة على شكل آفاق متميزة لذا تسمى ناضجة، في حين لا تظهر أفاق التربة في المناطق الصحراوية والباردة بشكل واضح فتسمى تربة غير ناضجة.

شكل رقم (2 – 41) انواع الترب حسب تنوع المناخ

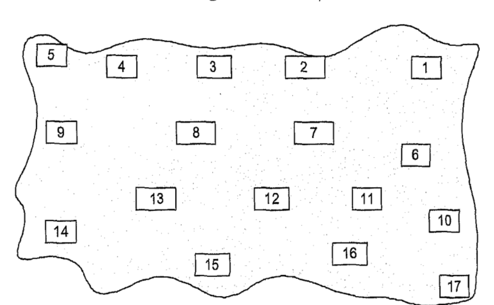
2 – التحري الموقعي عن التربة:

ان التعرف على خواص التربة من الجوانب المهمة في علم الجغرافية عامة والجيومورفولوجيا التطبيقية خاصة، وذلك لارتباط النشاط البشري بأنواعه المختلفة بالتربة، وعليه لابد من معرفة الصفات والخصائص الفيزيائية والكيميائية لها ومن خلال الدراسة الميدانية والتي تكون وفق الخطوات الاتية:

أ. تحديد المواضع التي تؤخذ منها عينات وتكون موزعة بشكل يغطي كل منطقة الدراسة، وعدم الاكتفاء بنماذج محددة وعلى مسافات متباعدة وذلك لاختلاف نوعية التربة من مكان لاخر وعلى مسافات متقاربة قد لا تتجاوز عدة أمتار.

ب. ترقيم المواضع على خريطة منطقة الدراسة لمعرفة نوع التربة في كل موضع بعد تحليلها مختبريا، شكل رقم (2 – 42)

شكل رقم(2 – 42) مواضع فحص التربة



ج. تعيين الأعماق التي سيتم دراسة نوع التربة عندها، حيث تكون على عمق 30 سم وعمق 60 سم وعمق 90 سم، او اكثر من ذلك وفي هذه الحالة تعطى الأعماق رموز في كل موضع، مثل موضع رقم واحد عمق 1A وعمق 1B وعمق 1C وهكذا بقية المواضع.

د. اخذ عينة من كل عمق يحتاج الى فحص التربة فيه وبكمية لاتقل عن 1كغم وتوضع في كيس ويكتب عليه رقم الموضع والعمق، ولغرض الحصول على العينة بشكل صحيح وعلمي يجب إزالة الطبقة السطحية من التربة وعلى عمق 15سم مع إزالة ما يوجد من نبات فيها، حيث لاتمثل الطبقة العليا التربة الحقيقية ولاتعود في تكوينها الى المصادر التي كونت ما تحتها.

ولاخذ العينات بشكل دقيق يتم حفر حفرة بطول 1م وسعة نصف متر وبشكل متدرج كل مرتبة تمثل عمق معين الاولى30سم والثانية60سم والثالثة 90سم، بهذه الطريقة تؤخذ العينات بطريقة علمية وعملية دون تشويه كما يمكن ملاحظة نوع النسجة واللون ونوع التكوينات في كل طبقة او أفق، حيث تمثل الحفرة قطاع للتربة يمتد من سطح الارض الى العمق المحدد والذي قد يصل الى الطبقة الصخرية التي ترتكز عليها التربة.

وقد تصنف التربة حسب العمق وكما يأتي:

1) تربة ضحلة جدا عمق 30سم فاقل.

2) تربة قليلة العمق بين 30ـ 60 سم.

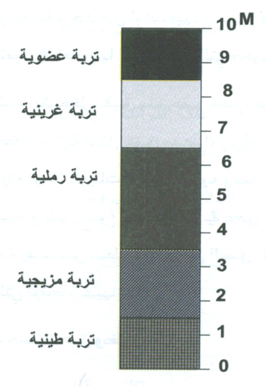
3) تربة متوسطة العمق بين 60ـ 90سم.

4) تربة عميقة بين 90ـ 150سم.

5) تربة عميقة جدا اكثر من 150سم.

ه. بعد الانتهاء من عملية تحليل التربة ومعرفة أنواعها حسب تركيبها الكيميائي وخصائصها الفيزيائية يمكن رسم مقطع طولي او رأسي يوضح أفاق التربة في منطقة الدراسة، ففي حالة تشابه أفاق التربة في كل المنطقة يكتفي بمقطع واحد، وان كانت مختلفة يتم رسم مقاطع على عدد مواقع الاختلاف، ويذكر في دليل كل مقطع المواضع التي يمثلها، شكل رقم (2 – 43).

شكل رقم (2 – 43) توزيع التربة في منطقة الدراسة



و. رسم خريطة توضح نوع التربة السطحية على عمق 30 سم في منطقة الدراسة وطبيعة انتشارها حسب ما ظهر في نتائج تحليلها، شكل رقم (2 – 44).

ومعرفة طبيعة التربة يعد ذا أهمية كبيرة في تخطيط المشاريع وتنفيذها حيث تحدد نوعية التربة كلفة تنفيذ المشروع.

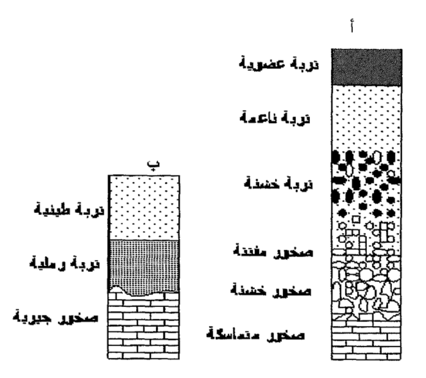
شكل رقم (2 – 44) مقطع طولي يوضح أفاق التربة وسمكها



ومن الجدير بالذكر أن انطقه التربة متباينة من مكان لاخر حسب طبيعة تكوينها ، فإذا كانت مشتقة أو متبقية تتنوع الانطقة إذ يكون القسم العلوي تربة ناعمة تليها تربة خشنة ثم صخور صغيرة وجلاميد أو مفتتات صخرية متباينة الأحجام وتليها قطع صخرية كبيرة ومتوسطة الحجم ترتكز على طبقة صخرية صلبة ومتماسكة، شكل رقم (2 – 45أ) .

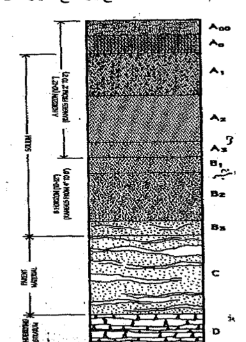
اما التربة المنقولة فقد تكون طبقتين مثل طبقة طينية فوق رملية او صخرية صلبة، أو تتكون من عدة طبقات حسب العامل الذي اسهم في نقلها، شكل رقم (2 – 45 ب). فالأنهار على سبيل المثال تحمل كميات كبيرة من الرواسب عند فيضانها وبأحجام مختلفة والتي تترسب حسب حجمها عند انخفاض سرعة الجريان، الخشنة ثم المتوسطة والناعمة فيكون ترتيبها الحصى، الرمل، الغرين، الطين، وهذا لايعني عدم وجود خلط بين تلك الترسبات الاانها بنسب قليلة، اذ يوجد الرمل مع الحصى والغرين مع الرمل والطين مع الغرين او بالعكس.

شكل رقم (2 – 45) مقاطع للترب المتبقية والمنقولة



وبالنظر لتغير مجرى النهر بين فترة واخرىوخاصة في الفترة التي لم يتدخل الانسان بشؤونه وكان وادي النهر مسرح لعملياته من تعرية وار ساب لذا تظهر التربة في مناطق السهول الفيضية على شكل طبقات او أفاق متباينة وعلى عمق بضع أمتار، حيث تتميز عن بعضها في اللون والنسيج وحجم الحبيبات، كما تظهر في بعض الأحيان مناطق انتقالية بين الطبقات والتي قد تميل في تكوينها الى إحدى الطبقات المجاورة لها اكثر من الأخرى، شكل رقم (2 – 46)، حيث يمثل الأفق A3 منطقة انتقالية بين A و B وتميل الى A اكثر من B، اما الأفق B1 فيميل في مكوناته الى B اكثر من A.[25]

شكل رقم (2 – 46) مقطع يوضح تغير أفق التربة



وهذا لايعني ان التربة المتبقية لا تتكون من طبقات او انطقه لكونها تتشابه في تركيبها المعدني بل يوجد تباين في آفاقها في اللون وحجم المفصولات او المكونات الاساسية ، ويمكن عموما تمييز ثلاث طبقات في التربة المتبقية هي:

1– الطبقة العليا:

وتتميز بوجود نسبة عالية من المكونات العضوية فيها مما جعلها ذات لون داكن (اسود أوبني او رمادي) وخاصة الجزء العلوي من تلك الطبقة ، اما الجزء السفلي منها فيكون ذات لون فاتح لوجود نسبة عالية من الرواسب الغرينية وقلة المواد العضوية.

2– الطبقة الوسطى:

تتكون من تربة طينية واضحة ناتجة عن إذابة الرواسب الطينية في الطبقات العليا ونقلتها المياه الى الطبقة التي تليها أي الوسطى، فضلا عن وجود الرواسب

المعد نية المختلفة خاصة التي لها قابلية الذوبان بالماء والانتقال من الأعلى الى الاسفل، لذا تكون هذه الطبقة غنية بالمعادن التي يحتاجها النبات.

3– الطبقة الصخرية التحتية او السفلى:

وتمثل الطبقة الأساس التي تكونت منها التربة المتبقية بتأثير العوامل المختلفة وخاصة التجوية، وقد تحتفظ التربة الناتجة عن تلك الصخور بالخصائص المعدنية لتلك الصخور، اما الخصائص الأخرى من نسيج ولون فتتأثر بعوامل أخرى.(26) حيث تؤثر طوبوغرافية الارض وميل السطح على تكون التربة، اذ يتوقف عليها جريان مياه الامطارعلى سطح الارض وما يترشح منها الى باطن الارض والذي يكون له دور فاعل في عمليات التجوية التي تعمل على تفتت الصخور وتحويلها الى تربة. كما ان لانحدار السطح علاقة بقطاعات التربة المتبقية وكما يأتي:

أ. مناطق قليلة أو بطيئة الميل ما بين 0 ــ 4٪ حيث يسمح انحدارها بتسرب المياه بكميات كبيرة داخل التربة فتعمل على تغير خصائصها في الطبقة الثانية فتتحول الى تربة طينية.

ب. مناطق متوسطة الميل مابين 4ـ16٪ تكون التعرية ضعيفة خاصة اذا توفر غطاء نباتي، وقد يساعد الانحدار على زيادة الجريان وقلة المياه المتسربة في حالة عدم وجود غطاء نباتي فيكون تأثيرها محدودا على الطبقات تحت السطحية.

ج. مناطق شديدة الانحدار مابين 16ـ 55٪ ويعد هذا أقصى ميل تتكون عنده التربة وبسمك يتراوح مابين 60ــ 120سم، وقد تعمل المياه الجارية على تعرية الطبقات العليا من التربة، كما تتكون التربة ببطيء لقلة المياه المتسربة داخل التربة ولذلك لاتكن التربة عميقة في مثل تلك المناطق.(27)

ثانياً – خصائص التربة:

1– الخصائص الفيزيائية:

أ – نسيج التربة:

يعني نسيج التربة طبيعة ترتيب حبيبات التربة التي تختلف من مكان لاخر اعتمادا على حجم وشكل تلك الحبيبات والتي تتكون من الرمل او الغرين او الطين والحصى ومفتتات الصخور الخشنة والناعمة، إي تكون التربة عبارة عن خليط من تلك المفصولات وبنسب متفاوتة ولهذا تتخذ التربة تسميات مختلفة حسب نسب تلك التكوينات او المفصولات والتي تتباين في أحجامها كما في الجدول رقم (2 – 1).[28]

جدول رقم (2 – 1) أحجام مواد او مفصولات التربة.

نوع المادة		حجم المادة بالملم
كتل حجرية كبيرة		اكثر من 200
جلاميد		200 ---- 60
حصى	خشن	60 --- 20
	متوسط	20 --- 6
	ناعم	6 --- 2
رمل	خشن	2 --- 0.6
	متوسط	0.6 —0.2
	ناعم	0.2—0.06
غرين	خشن	0.06 -- 0.02
	متوسط	0.02— 0.006
	ناعم	0.006— 0.002
طين		اقل من 0.002

F. G. Bell ،Engineering Properties of Soils and Rocks ،Britain 1992 P. 4

وقد تكون التربة ذات نسيج ناعم او خشن حسب حجم المفصولات، ولغرض التعرف على نسيج التربة يجري فحصها مختبريا وحقليا وكما يأتي:

1) **طريقة النخل:**

تستخدم مجموعة من المناخل المعدنية ذات فتحات متباينة تتوافق مع أحجام الحبيبات وتستخدم بطريقتين هي:

أ – النخل الجاف:

تجفف العينة بأفران كهربائية وتكون بمقدار 100 غم وتوضع فوق المناخل ومن ثم تهز بواسطة جهاز هزاز او بواسطة اليد ولمدة ساعة، ويوضع اسفل المناخل أناء لجمع المتبقي من عملية النخل، ويتم عزل المناخل عن بعضها حيث يحجز كل واحد منها الحبيبات التي حجمها اكبر من فتحاته والسماح بالتي هي اصغر بالمرور الى الذي يليه، أي تحجز المناخل الاولية الأحجام الكبيرة في البداية ثم الأقل منها، حتى تبقى الناعمة في الأخر التي لايمكن فصلها بواسطة المناخل كالغرين والطين والرمل الناعم جدا، وبعد جمع ما يحجزه كل منخل يتم وزنها لمعرفة نسبتها من الوزن الكلي للعينة.

ب – النخل بالماء:

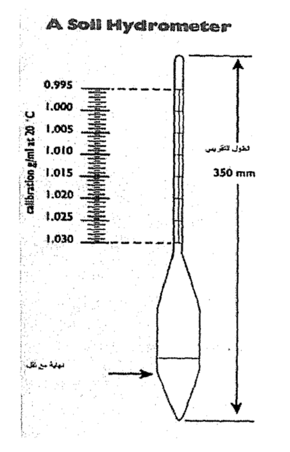
تعد هذه العملية اكثر دقة من الأولى ولو أنها تحتاج الى وقت اكثر وهي نفس الفكرة السابقة الا انه يستخدم الماء العذب لفصل الحبيبات عن بعضها وغسلها جيداً من خلال تسليط تلك المياه بقوة على العينة بواسطة صنبور من الأعلى واستخدام جهاز هزاز لتحريك العينة او بواسطة اليد، وبعد ذلك يتم عزل الرواسب المتجمعة فوق كل منخل وتجفيفها ووزنها لمعرفة نسبتها من العينة.

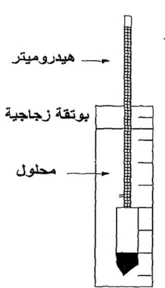
2) جهاز الهيدروميتر:

يستخدم هذا الجهاز لفصل الحبيبات الصغيرة جدا التي لا يزيد قطرها عن 0، 1 ملم حيث توضع العينة في فرن درجة حرارته (110 م) للتخلص من المواد العضوية التي تتضمنها العينة، اذ تكون العينة معلومة الوزن 100 او 50 غرام، كما تعامل العينة مع محلول كلوريد الكالسيوم، وتوضع العينة في بوتقة زجاجية خاصة سعتها 750 ملم^3 تسمى [ارلنيميير Erlenmeyer] ويضاف لها 500 ملم ماء مقطر و2 جرام من مادة الكالجون التي تساعد على فصل وتشتيت الحبيبات عن بعضها، ثم توضع الزجاجة في جهاز هزاز لمدة عشرة ساعات تقريبا او اقل من ذلك حسب طبيعة مكونات العينة. وتستخدم في التحليل مخابر مدرجة سعة كل منها 100 ملم^3، شكل رقم (2 – 47) اذ يتم تفريغ العينة بحرص وعناية في تلك المخابر التي تملأ بماء مقطر الى ارتفاع 100 ملم وتوضع في حوض زجاجي مائي وفي درجة حرارة 20 م، وتستخدم قائمة توضح زمن بداية الترسيب وأوقات القراءة وقيمها وتصحيحها، ويتم تحريك العينة في تلك المخابر تحريكا جيدا بواسطة عصا زجاجية حتى تبقى الحبيبات عالقة في الماء بصورة متناسقة، ومن ثم يوضع الهيدروميتر في المخابر وتجري القراءات بعد وضعه بدقيقة ودقيقتين وخمسة دقائق، ويجب التأكد من عدم ملامسة الهيدروميتر لجدران المخبار وانه يتحرك بحرية بداخله، وتبقى الهيدروميترات في المخابر خلال الساعة الأولى ثم تستبعد بعد ذلك بعناية دون أحداث اضطرابات في الماء الذي يتضمن العينة، ثم تعاد مرة أخرى قبل القراءة التالية بفترة وجيزة لتفادي ترسيب المواد الدقيقة على الهيدروميتر، وقد يستغرق التحليل يومين او ثلاث اذا كانت نسبة الذرات الصلصالية كثيرة وكبيرة.

ويمكن استخدام ست عينات في وقت واحد، واستخدام ستة مخابر أيضا مع ملاحظة الفارق الزمني بين قراءة هيدروميتر واخر بين ثلاثة وستة دقائق.[29]

شكل رقم (2 – 47) جهاز تحليل التربة



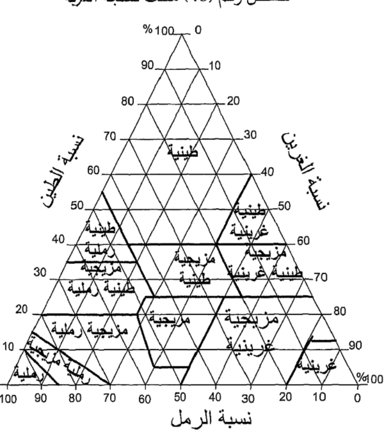


3) مثلث النسجة:

يستخدم مثلث النسجة في تصنيف التربة اعتمادا على المكونات الرئيسية للتربة وهي الرمل والغرين والطين، اذ يمثل كل ضلع من أضلاع المثلث أحد تلك المكونات ويعبر عن النسبة المئوية التي يسهم فيها كل نوع في تكون التربة، شكل رقم (2 – 48) فتظهر انواع متباينة الخصائص ناتجة عن مزج تلك المكونات مع بعضها وبنسب متباينة تم تقسيم المثلث على أساسها الى (12) نوع يعبر كل واحد منها عن نوع متميز من التربة، وفي بعض الدول تصنف الى اكثر او اقل من ذلك،

وتم تقسيم المثلث على هذا الأساس، وبناءا على ذلك استطاع علماء التربة تصنيفها الى عدة انواع.

شكل رقم (48) مثلث نسجة التربة



وتحتاج هذه العملية الى تحليل عينات التربة لمعرفة نوعها حسب مكوناتها وتسمى بأسماء مركبة بحيث تبدأ التسمية بالمادة الأقل نسبة، على سبيل المثال عينة تتكون من رمل بنسبة 70٪ وطين 28٪ تسمى طينية رملية Sandclay.[30] وتصنف التربة حسب طبيعة نسجتها الى عدة انواع كما موضح في الشكل رقم (2 – 44) منها مايأتي:

1) تربة رملية وتكون نسبة الرمل عالية اكثر من 85٪ والطين حوالي 10٪ والباقي غرين.

2) تربة غرينية نسبة الغرين 90٪ واقل من 10٪ رمل والباقي طين.

3) تربة طينية نسبة الطين اكثر من 40٪ واقل من 45٪ رمل والباقي غرين.

4) تربة مزيجية تتكون من 40ـ 50٪ رمل و 25ـ30٪ طين والباقي غرين.

5) تربة رملية مزيجية ترتفع فيها نسبة الرمل الى 70٪ والباقي 10ـ20٪ طين والباقي غرين.

6) تربة مزيجية رملية تنخفض فيها نسبة الرمل الى 50٪ ونسبة الطين الى حوالي 20٪ والغرين حوالي 30٪.

7) تربة مزيجية طينية وتتكون من حوالي 30 ٪ طين ومابين 20ـ30٪ رمل والباقي غرين.

8) تربة مزيجية طينية رملية تتضمن حوالي 45٪ رمل ومابين 20ـ35٪ طين والباقي غرين.

9) تربة مزيجية غرينية تحتوي على حوالي 70٪ غرين والباقي رمل وطين.

10) تربة مزيجية طينية غرينية تتكون من حوالي 60٪ غرين و 20٪ طين والباقي رمل.

11) تربة طينية رملية تحتوي على حوالي 45٪ طين و 35٪ رمل والباقي غرين.

12) تربة طينية غرينية وتتضمن 60٪ غرين و 40٪ طين.

4) التحليل الحقلي المباشر:

ان التعرف على نوع التربة حقليا يحتاج الى متخصص بالتربة والذي يستطيع من خلال ترطيب عينة التربة ولمسها باليد جيدا من تشخيص عدد من الخصائص

التي توضح كل نوع من انواع التربة الرئيسية عن بعضها، مثل الخشونة والنعومة والتفتت والتماسك واللزوجة والالتصاق، ويكون ذلك على نطاق عام وليست بشكل دقيق وكما يأتي:

أ. التربة الرملية خشنة الملمس والحبيبات مفككة وضعيفة التماسك، كما أنها لا تترك آثارا على الأصابع التي تلمسها.

ب. التربة الغرينية وتكون ذات ملمس حريري وقابليتها على التماسك ضعيفة ويمكن تحويلها الى كرات وتترك اثار على الأصابع التي تلمسها.

ج. التربة الطينية ذات ليونة عالية وتترك اثار على الأصابع التي تلمسها ويمكن عمل أشكال مختلفة منها كروية وجبلية واواني فخارية مختلفة.[31]

ب- مسامية التربة:

تعني المسامية ما تتضمنه التربة من فراغات بأشكال متباينة حسب حجم وشكل الحبيبات التي تتكون منها التربة، اذ تكون عالية في الترب التي تكون حبيباتها دائرية ومتماثلة في الحجم في حين تكون واطئة في التربة ذات الحبيبات المختلفة الشكل والحجم، أي تمثل المسامية مجموع حجم الفراغان الهوائية التي توجد في التربة، فعلى سبيل المثال عينة من التربة حجمها 100 سم^3 تتكون من 60 سم^3 مواد صلبة و40 سم^3 فراغات هوائية، والتي تمثل 40٪ من حجم العينة.

وتختلف المسامية من حيث المقدار والحجم باختلاف نوع التربة حيث تكون التربة الرملية اقل مقدارا في المسامية من التربة الطينية الا ان حجم المسامات اكبر مما في الطينية لذا تكون نفاذية الرملية أعلى من الطينية.[32] كما تكون التربة العضوية عالية المسامية وتصل الى اكثرمن 70٪ ويعتمد ذلك على ما تحتويه التربة

من مواد عضوية حيث تزداد المسامية بزيادة نسبتها، وتتباين المسامية في التربة الطينية والغرينية حسب طبيعة ترسيبها وما تتعرض له من ضغط، وعلى العموم تقل بالاتجاه نحو العمق لزيادة الضغط على الطبقات السفلية لذا يزداد تماسكها اكثر من العلوية.

والمسامية على نوعين شعرية وغير شعرية الشعرية تكون دقيقة جدا لذا تكون ضعيفة النفاذية، اما غير الشعرية تكون أوسع وتتمثل بما تتضمنه التربة من حفر وشقوق لاعلاقة لها بطبيعة تكوين التربة والتي تجعل التربة عالية النفاذية.

وتقاس نسبة المسامية من خلال العلاقة مع حجم العينة وفق المعادلة الآتية:

$$م = \frac{ع}{ح} \times 100$$

ع. حجم المسامات

ح. حجم العينة

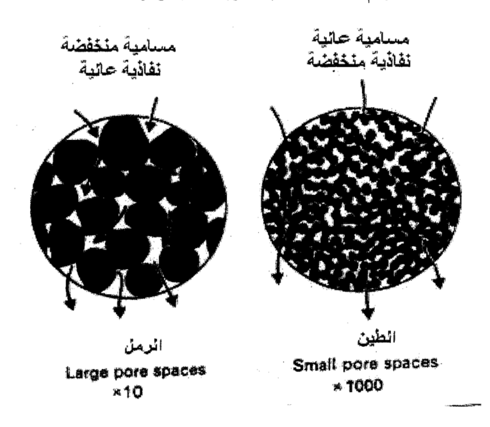
ويمكن قياس حجم او مقدار المسامية في عينة التربة بعدة طرق ومن ابسطها أخذ وعاءين من نوع واحد أي متساويين في الحجم وتوضع فيهما عينات متساوية من التربة أحدهما تبقى جافة والأخرى يضاف لها ماء حتى تتشبع تماما بحيث تمتلاْ جميع الفراغان التي تتضمنها تلك العينة، ثم توزن العينتان الجافة والرطبة، فتكون الأخيرة اكبر وزنا من الجافة ويمثل الفرق في الوزن بينها حجم المسامية.

ج – النفاذية:

تعني النفاذية قابلية الماء على الحركة خلال مسامات التربة والتي تختلف من تربة لأخرى حيث لا تعتمد على المسامية فقط بل تعتمد على احجام وأشكال الفراغان وكمية المياه المارة فيها، فعلى سبيل المثال التربة الطينية اكثر مسامية من

الرملية الا ان الرملية اكثر نفاذية من الطينية لكبر حجم مساماتها التي تسمح للماء بالتحرك من خلالها بسرعة ، في حين تعرقل المسامات الصغيرة حركة الماء لما ينتج عن ذلك من احتكاك بالحبيبات وكثرة المسامات التي يمر خلالها للانتقال من مكان لاخر، وهذا ما موضح في، شكل رقم (2 – 49).

شكل رقم (2 – 49) نفاذية الترب الطينية والرملية



وتصنف الترب على أساس النفاذية حسب سرعة الماء خلالها حيث تكون عالية النفاذية اذا كانت سرعة الماء 25 سم فاكثر في الساعة، ومتوسطة النفاذية اذا كانت سرعة الماء مابين 6 – 12 سم/ ساعة، وضعيفة النفاذية اقل من ذلك.[33]

ويمكن ملاحظة التباين في النفاذية من الجدول رقم (2 – 2)

جدول رقم (2 – 2) مقدار نفاذية مكونات التربة.

اسم المادة	معدل النفاذية م/ يوم
الغرين	اقل من 0 ،05
الطين	0 ،5 —0 ،05
الرمل الطيني	1 – – – 0 ،5
الرمل الناعم	5 – 1
الرمل المتوسط	20 – – – 5
الرمل الخشن	50 – – – 20
الحصى	150—50
الجلاميد	1000 – – – 100

وتقاس نفاذية التربة بعدة طرق حسابية ومختبريه وحقلية، و تعد الأخيرة افضل من غيرها لانها توضح النفاذية بحالتها الطبيعية دون تشويه ومن خلال حفر أبار على أبعاد متساوية ويتوسطها بئر رئيسي، فعند ضخ المياه منه تتحرك المياه من الآبار الجانبية نحوه ويستغرق ذلك زمن معين حسب طبيعة التكوينات التي يمر بها الماء حيث يستغرق زمن قصير في التكوينات ذات النفاذية العالية وزمن طويل اذا كانت قليلة النفاذية.[34]

ويعد ذلك مؤشر على مدى تماسك التربة حسب نوع الحبيبات المكونة لها والمواد اللاصقة التي تسمى في بعض الأحيان الغرويات او المواد الأسمنتية التي تعمل على جمع الحبيبات، وهي على نوعين عضوية ومعدنية ولذلك يكون بناء التربة في

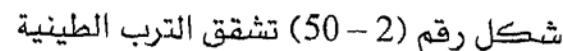
المناطق الشبه الجافة وشبه الرطبة جيدا لاحتواء التربة على مواد عضوية ومعدنية، في حين تكون مرتفعة في المناطق الرطبة ومنخفضة في المناطق الصحراوية فتقل جودة التربة.

وللمسامية والنفاذية أهمية كبيرة في الانشطة المختلفة، حيث تعد ذات أهمية كبيرة بالنسبة للزراعة في حين تمثل كثرتها مشكلة بالنسبة للمشاريع العمرانية لما يترتب عليها من مشاكل سيتم تناولها في فصول لاحقة.

د – انكماش التربة:

تحدث هذه الظاهرة في التربة المبللة عندما تفقد رطوبتها اذ تتعرض حبيبات التربة لقوى الضغط الناتجة عن الشد السطحي للمياه المتواجدة في المسامات، اذ يؤدي خروج تلك المياه من بين حبيبات التربة الى ترك فراغات ولقلة تماسك الحبيبات الموجودة حولها لذا تتحرك نحوها لتحل محل الماء وتسد تلك الفراغات، فيترتب على ذلك تقليل سمك التربة وزيادة تماسكها ومن ثم زيادة صلابتها عندما تجف ويتغير لونها من الغامق الى الفاتح.[35]

وقد تتعرض بعض الترب الطينية في كثير من الأحيان الى التشقق فتتحول الى كتل مستقلة عن بعضها، شكل رقم (2 – 50). وتعد التربة الطينية الصفيحية من اكثر انواع الترب تعرضا لتلك الظاهرة والتي تعد من المشاكل التي تواجه استغلالها في مجالات عدة.


شكل رقم (2 – 50) تشقق الترب الطينية





2) الخصائص الكيميائية للتربة:

أ – حامضية التربة:

تعني حامضية التربة مدى احتوائها على أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد [PH]، اذ تكون التربة حامضية او متعادلة أو قلوية اعتمادا على نسبة الهيدروجين والتي تعود الى نوع الصخور التي اشتقت منها التربة وما تحتويه من رطوبة وطبيعة تركيبها الكيميائي، حيث تكون التربة حامضية اذا كانت درجة [PH] مابين 4 – 6.5 ومتعادلة عندما تكون مابين 6.6 – 7.3 وقلوية او قاعدية ما بين 4.7 – 10، أي تكون التربة حامضية اذا ازدادت نسبة أيونات الهيدروجين على أيونات الهيدروكسيد، وتكون قاعدية اذا حدث العكس.

وتعد حامضية التربة او قلويتها ذات أهمية كبيرة في إنتاجية التربة، اذ تكون التربة المتعادلة افضل أنواعها ثم تليها القلوية او القاعدية، في حين تعد الحامضية اقل أهمية لذا تقوم الدول المهتمة بالزراعة بإضافة تربة جيرية الى الحامضية لرفع درجة قلويتها.

ومن الجدير بالذكر ان حموضة التربة تختلف من مكان لاخر ضمن المزرعة الواحدة لذا يفضل قياس عدة مواقع في المزرعة الواحدة بواسطة جهاز مصمم لهذا الغرض ويسمى جهاز [PH].

ب- ملوحة التربة:

تحتوي التربة على أملاح بنسب متفاوتة مثل كوريد الصوديوم والكالسيوم وكبريتاتها وبيكاربوناتها ، اذ تؤدي زيادة نسبة الملوحة في التربة الى انخفاض إنتاجيتها ، وتنتشر هذه الظاهرة في اغلب الأحيان في المناطق الحارة والجافة نتيجة لتبخر المياه وبقاء الأملاح على السطح فيصبح لونها مائل الى البياض، شكل رقم (2 – 51) ارض مالحة لونها ابيض، كما ينتج عن ارتفاع مناسيب المياه الجوفية في التربة ارتفاع نسبة الأملاح وذلك لاذابة ألاملاح الموجودة في الطبقات تحت السطحية ونقلها الى السطح، ويحدث ذلك في المناطق الواقعة قرب مجاري الانهار والتي تحدث فيها فيضانات بحيث تكون مناسيب المياه أعلى من مستوى الأراضي المجاورة وخاصة السهول الفيضية ، فتحدث ظاهرة النزيز (Seepage) ، أي تسرب المياه من النهر الى الاراضي المجاورة عن طريق مسامات التربة لذا يكون تأثير هذه الظاهرة كبيرا في المناطق التي تكون نفاذية التربة فيها كبيرة ، وتؤدي الى تغير لون التربة حسب نوع الأملاح، وعلى العموم يكون اللون غامق لاختلاف المكونات وعدم اقتصارها على الأملاح فقط.

شكل رقم (2 – 51) ارض مالحة لونها ابيض



ويتم قياس ملوحة التربة بطريقة التوصيل الكهربائي [Electric Conductivity EC] اذ تكون التربة المالحة جيدة التوصيل للكهرباء وتزداد درجة التوصيل بزيادة نسبة الملوحة، و تقاس بالمليموز/ سم، فإذا كانت القيمة كبيرة دلت على ان التربة عالية الملوحة، ويمكن ان تصنف الترب حسب درجة الملوحة.[36] جدول رقم (2 – 3)

جدول رقم (2 – 3) نوع التربة حسب قيمة الملوحة

قيمة (EC) مليموز/سم	نوع التربة
2 ------ 4	تربه قليلة الملوحة
4 ----- 8	تربة متوسطة الملوحة
8 ----- 15	تربة عالية الملوحة
اكثر من 15	تربة شديدة الملوحة

ثالثاً- علاقة خصائص التربة العامة بالنشاط البشري:

ترتبط الانشطة التي يمارسها الانسان اقتصادية و عمرانية بطبيعة التربة وبشكل مباشر، حيث تعد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة من الجوانب الاساسية التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند ممارسة أي نشاط، فالنشاط الزراعي يعتمد على خصوبة التربة والتي تتحكم بقدرتها الإنتاجية، فكلما كانت التربة عالية الخصوبة ارتفعت كمية الإنتاج، ويعتمد ذلك على ما تحتويه التربة من مواد عضوية ومعادن، والنباتات تختلف في مطاليبها من المواد التي تحتويها التربة وتتشابه في الحاجة الى بعض المواد والعناصر وهذا ما يؤدي الى اضعاف التربة ويقلل من قدرتها الإنتاجية، مثال ذلك النتروجين والفوسفات تحتاجه جميع النباتات، حيث يساعد الاول على النمو الخضري والثاني على زيادة كمية الثمار، وعليه يجب المحافظة على خصوبة التربة من خلال نظام الدورات الزراعية ويعتمد ذلك على نظام الري وطبيعة المناخ السائد، فضلا عن استخدام الأسمدة وخاصة العضوية، كما يجب معرفة طبيعة التركيب الكيميائي للتربة وما تتضمنه من أملاح وحموضة تنعكس أثارها على إنتاجيتها، والتي تتطلب معالجة من خلال القيام ببعض الإجراءات للحد من تلك المشاكل مثل حفر قنوات البزل لتصريف المياه الزائدة من الاراضي وعدم السماح لارتفاع مناسيبها في التربة فتزداد ملوحتها، اما في الترب الحامضية تضاف تربة كلسية لتقليل الحامضية وزيادة القاعدية فتتحسن خواص التربة، وتعد التربة المزيجية من افضل انواع الترب للأغراض الزراعية، في حين تعد من الترب الرديئة بالنسبة للمشاريع الهندسية لانها ضعيفة التحمل، وعكس ذلك الترب الطينية الصلبة فهي صالحة لإنشاء المشاريع الهندسية ولكن قليلة الأهمية في المجال الزراعي لعدم قدرة النبات على النمو فيها وخاصة ذات الجذور الشعيرية وذلك لشدة تماسكها

وقلة مسا ميتها ، ولغرض استغلالها يمكن تقليل صلابتها من خلال مزجها بالرمل أو سماد عضوي.

وتحتاج الزراعة الى تربة سميكة تسمح لجذور النبات بالتغلغل خلالها في حين تفضل المشاريع الهندسية الترب الضحلة التي تقع تحتها طبقات صخرية لانها اكثر قدرة على تحمل ثقل المنشآت التي تقام فوقها. اما الترب المالحة فهي ذات مضار على الزراعة والأبنية والمنشآت المختلفة ، وسيتم تناول ذلك في المواضيع اللاحقة.

مراجع الفصل الثاني

1) د. سهل السنوي ود. يحيى الراوي ود. احمد النجدي ود. محمد سوادي ود. نصير الأنصاري؛ الجيولوجيا العامة، جامعة بغداد، العراق ص 87

2) د. إبراهيم عبيدو؛ الجيولوجيا الهندسية والخرائط الجيولوجية، منشأة المعارف ألا سكندرية، 1969 ص 57.

3) د. جودة حسنين جودة؛ معالم سطح الارض، دار المعرفة الجامعية ألا سكندرية بدون تاريخ نشر، ص 111.

4) د. حسن حميدة؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، دار الراتب الجامعية، بيروت 1989 ص 98.

5) عبدالاله رزوقي كربل؛ علم الاشكال الارضية، مطبعة جامعة البصرة العراق 1986، ص 68.

6) د. حسن حميدة؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، مصدر سابق، ص 106—108 .

7) د. جودة حسنين جودة؛ معالم سطح الارض، مصدر سابق، ص 147.

8) د. احمد فوزي يوسف؛ البيدلوجي نشأة ومورفولوجية وتقسيم الاراضي، مطابع جامعة الملك سعود، الرياض 1987 ص 55

9) عبدالاله رزوقي كربل؛ علم الاشكال الارضية، مصدر سابق ص 308.

10) د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية والتحري الموقعي، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، العراق، 1990 ص 35.

11) د. محمود توفيق سالم؛ أساسيات الجيولوجيا الهندسية، دار الراتب الجامعية، بيروت، 1989 ص 53.

12) المصدر السابق؛ ص 55—56.

13) المصدر السابق؛ ص 38.

14) د. محمد يوسف ود. عمر حسن ود. عدنان النقاش؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مركز الكتب الأردني، عمان، 1990 ص 137.

15) د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ كوكب الارض، مظاهره التضاريسية الكبرى، مؤسسة الثقافة الجامعية ألا سكندرية، 1996 ص 237.

16) د. محمد يوسف واخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق ص 130.

17) د، حسن سيد احمد أبو العينين؛ كوكب الأرض، مصدر سابق، ص 240.

18) د. إبراهيم عبيدو؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق ص 57.

19) د. حسن رمضان سلامة؛ مظاهر الضعف الصخري واثارها الجيومورفولوجية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت عدد 35 سنة 1983، ص 30.

20) F. G. Bell;Engineering Properties of soil and Rocks ،third Edition ، Genesis typer setting ، great Britation ، 1992 ،P. 162

21) د. احمد فوزي يوسف؛ البيد لوجي نشأة ومورفولوجية وتقسيم الاراضي، مصدر سابق ص 76 – 79.

22) د. محمد علي بركات؛ مواد البناء واختباراتها القياسية، دار الراتب الجامعية، ألا سكندرية 1990 ص 75.

23) د. إبـراهيم زيـادي؛ مبـادئ الخـرائط والمسـاحة، دار المعرفـة الجامعيـة ألا سكندرية، 1997، ص 103.

24) د. إبراهيم شريف ؛ جغرافية التربة، مطبعة جامعة بغداد، 1983. ص 38 – 39.

25) Charles W. harris ،Nicholas T. Dines; Time – saver standarad ، for land scape Architecture ، Design and construction Data. Second Edition ، Mc Graw – Hillpublishing company ، Newyork 1998. P810 – 2 .

26) د. حسـن حميـدة؛ الجيولوجيـا التطبيقيـة للهندسـة المدنيـة، مصـدر سـابق، ص 440.

27) المصدر السابق، ص 147.

28) opcit. P. 4 ، .F. G. Bell;Engineering Properties of soil and Rocks

29) د. جـودت حسـنين جـودت؛ الجيومورفولوجيـا، علـم شـكل الارض، دار المعرفـة الجامعية، ألا سكندرية 1996، ص 617 – 618.

30) Charles W. harris ،Nicholas T. Dines; Time – saver standarad ، for land scape Architecture. Opcit ، p. 810 – 3

31) د. إبراهيم شريف ؛ جغرافية التربة، مصدر سابق، ص 84 – 85.

32) Darrel and Valerie Weyman; Land scape processes ، an introduction to geomorphology ، printed offset litho in Great Britain ، 1983 ، p. 13.

33) د. محي الدين بنانة ؛ الجيولوجيا التطبيقية، معهد الإنماء العربي، دمشق 1988، ص 167.

34) د. أسامه مصطفى الشايعي؛ ميكانيكا التربة، أساسيات وخواص التربة، ج1، دار الراتب الجامعية، ألا سكندرية، 1988، ص 61.

35) أد ورد جي تاربوك، فريدريك ك. لوتجنز؛ الارض مقدمة للجيولوجيا الطبيعية، ترجمة د. عمر سلمان، د. البهلول اليعقوبي، د. مصطفى جمعه سالم، مطبعة الجا مالطا، 1984، ص 176.

36) د. محمد محمود إبراهيم الديب؛ جغرافية الزراعة، تحليل في التنظيم المكاني، مكتبة ألا نجلو المصرية 1995، ص 291 – 292.

الفصل الثالث

الانحدارات ...
دراسة جيومورفومترية
تطبيقية

الفصل الثالث

الانحدارات .. دراسة جيومورفومترية تطبيقية

المبحث الأول – تعريف الانحدارات واسلوب دراستها

يعني الانحدار انحراف أو ميل الارض عن المستوى الأفقي، أي ميل او انحراف جزء من عناصر التضاريس الارضية عن الامتداد الافقي لسطح الارض، مثل سفوح الجبال وضفاف الانهار والاودية وسطح الهضاب وحافاتها، حيث يكون الانحدار كبيرا كلما زاد الميل او الانحراف.

وتعد الانحدارات ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجغرافية عامة والجيومورفولوجية خاصة، اذ تمثل أحد عناصر مظاهر السطح التي يتم تحليلها باستخدام اساليب قياسية وتحليلية لعلاقتها

الوطيدة بالنشاط البشري بأشكاله المختلفة كالعمران والطرق والجسور ومشاريع الري والخزن وغير ذلك، حيث يعتمد اقامة أي مشروع على طبيعة الانحدار وشدته وستقراره والعمليات الجيومورفولوجية التي تتعرض لها السفوح، وهذا ما دفع بالجيومورفولوجيين الى دراسة السفوح من جوانب عديدة منها ما يأتي:

1) أجراء دراسات مورفومترية لقياس أبعاد المنحدرات من ارتفاع وامتداد ودرجة انحدار، ويمكن الاستعانة بخرائط كنتورية ذات مقياس كبير 1/ 5000 او 1/ 10000 بحيث تظهر عناصر المنحدر الاساسية في مثل تلك الخرائط بوضوح كالمسافة الرأسية والأفقية.

2) تحديد نوع السفح وطبيعة تكويناته من تربة وصخور وما تتضمنه من تراكيب أولية وثانوية وعلاقة ذلك بالتغيرات التي تشهدها تلك السفوح، ويمكن الاستفادة من الصور الجوية ان توفرت في التعرف على تلك التغيرات ضمن فترة زمنية معينة حسب تاريخ توفر الصور.

3) تحديد المواضع المستقرة وغير المستقرة والأسباب التي ادت الى ثباتها كليا او جزئيا وهل يعود الى صلابة التكوينات أو لوجود غطاء نباتي او لتدخل الانسان، وكذلك الحال بالنسبة لعدم ثبات السفوح هل يعود إلى عمليات التعرية أم التجوية او الانهيارات او طبيعة ميل الطبقات الصخرية وتركيبها المعدني او تدخل الانسان.

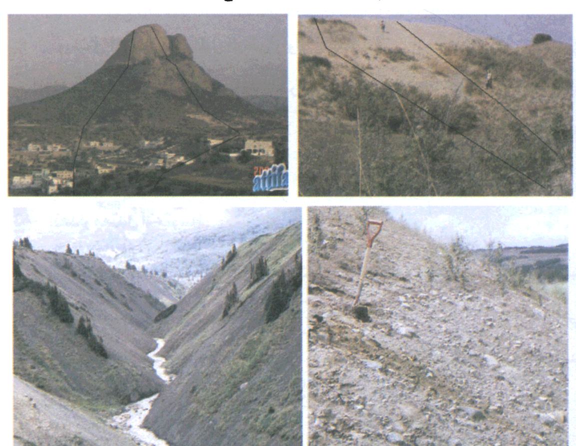
4) الوضع الهيدرولوجي في السفوح ومدى تأثيره عليها سواء كانت المياه السطحية ام الجوفية.

5) طبيعة المناخ السائد ومدى تأثير عناصره المختلفة على السفوح والتعرف على اكثر العناصر تأثيرا والجهة المتأثرة وقوة التأثير.

6) قياس التغيرات التي تعرضت لها السفوح وتحليل الوضع والشكل الذي كانت عليه وما هي عليه ألان، حيث تتغير من منتظم إلى غير منتظم ومن محدب الى مقعر ومن معتدل الى شديد.

7) تحديد المواضع التي يمكن الاستفادة منها حسب النشاط الذي يحتاج الى استغلال السفوح لعدم توفر إمكانات متاحة للتوسع، كالزراعة والعمران والطرق وغيرها، شكل رقم (3 – 1) صور تبين انواع من الانحدارات، .

شكل رقم (3 – 1) صور تبين انواع من الانحدارات



وفي هذا المجال سوف تتركز الدراسة على العناصر الاساسية للمنحدرات والتي تشمل انواع الانحدارات وقياسها والمشاكل التي تتعرض والسبل الكفيلة لمعالجة بعضها ودراستها ميدانيا.

المبحث الثاني – تصنيف الانحدارات

تصنف المنحدرات على أساسين هما درجة انحدارها وشكلها وكما يأتي:

أولاً – أنواع الانحدارات حسب درجة الانحدار:

تصنف الانحدارات حسب درجة الانحدار الى مايأتي:

1- انحدار بسيط أو خفيف.

ويشمل المناطق ذات الميل البطيء، والتي تتباعد فيها الخطوط الكنتورية عن بعضها لسعة المسافة الافقية بين خط واخر، ويشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها مابين [1 --- 15]، أي بنسبة ما بين [1٪ و 27٪] وتعد تلك المنحدرات من اصلح السفوح للأنشطة المختلفة.

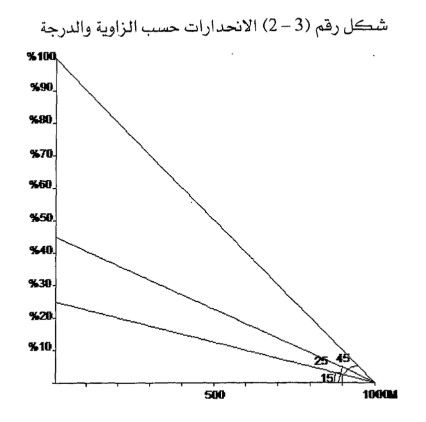
2 - انحدار معتدل او متوسط:

يعد هذا النوع من المنحدرات اكثر ميلا من النوع السابق، حيث تتقارب الخطوط الكنتورية من بعضها اكثر مما في النوع الاول، وتشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها مابين [15 ــ 25]، أي التي نسبها ما بين[27٪ و 47٪] تقريبا، وتعد اقل أهمية من النوع السابق في مجال استغلالها للأغراض المختلفة.

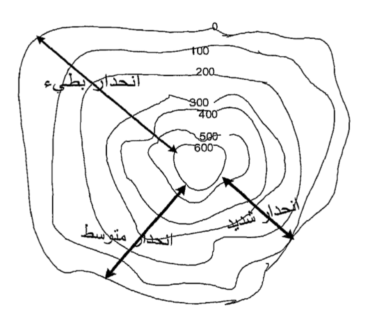
3- انحدار شديد:

يشمل المنحدرات الشديدة الميل التي تقترب فيها الخطوط الكنتورية من بعضها جدا لصغر المسافة الافقية بينها، وتكون درجة انحدارها ما بين[25ــ45] والتي نسبتها ما بين [47٪ و 100٪]، ويواجه استغلال تلك السفوح مشاكل عديدة لشدة الانحدار وعدم استقرار بعض السفوح.[1] شكل رقم (3 - 2) زوايا ودرجات الانحدار، والشكل رقم (3 - 3) الانحدارات حسب الخطوط الكنتورية.

شكل رقم (3 – 2) الانحدارات حسب الزاوية والدرجة



شكل رقم (3 – 3) الانحدارات حسب توزيع الخطوط الكنتورية



وتتخذ الانحدارات تسميان حسب درجة او زاوية انحدارها ، وكما موضح في الجدول رقم (3 – 1). [2]

جدول رقم (3 – 1) صفة الانحدار حسب مقدار الزاوية

قيمة الزاوية	صفة المنحدر
اكثر من 85	جرفيه
85—70	شديدة الانحدار
69—45	منحدرة جدا
44 – – 20	متوسطة الانحدار
19 – – 10	معتدلة الانحدار
9 – – 2	انحدار طفيف
اقل من 2	ارض مستوية

Process and Land form ،conceptual frameworks in Geography ،p38

ثانياً – أنواع الانحدارات حسب الشكل

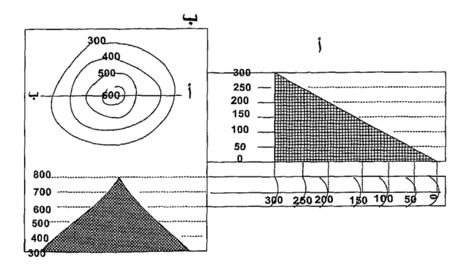
تتخذ الانحدارات أشكال مختلفة حسب العوامل التي أسهمت في تكوينها والعمليات التي تعرضت لها بعد التكوين، ومنها ما يأتي:

1– الانحدارات المنتظمة:

تعني الانحدارات المنتظمة الانحدارات ذات السفوح المستوية الخالية من التحدبات والتقعرات مهما كان ارتفاعها ودرجة انحدارها ، لذا تظهر الخطوط الكنتورية التي تمثل تلك السفوح موزعة بشكل منتظم على طول امتدادها ، شكل رقم (3 – 4أ).

وقد يكون المرتفع منتظم الانحدار على امتداد مقطعه العرضي أي على الجهة الأخرى منه فيظهر السفح منتظم أيضا ، شكل رقم (3 – 4 ب).

شكل رقم (3 – 4) الانحدار المنتظم

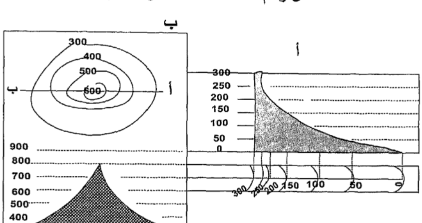


2– الانحدارات المقعرة:

يظهر المنحدر المقعر شديد الانحدار في قمته ومعتدلا في وسطه ونهايته ويكون ذلك واضحا من توزيع الخطوط الكنتورية في الخرائط التي تمثلها حيث تكون متقاربة في القمة ومتباعدة في وسط واسفل السفح وبشكل متدرج، شكل رقم (3 – 5أ).

وتظهر المرتفعات التي تكون مقعرة السفوح من جهتين متقابلتين مخروطية الشكل، وخاصة المرتفعات التي تتعرض للتعرية الجليدية، شكل رقم (3 – 5ب).

شكل رقم (3 – 5) الانحدار المقعر

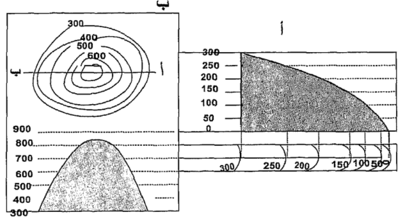


3- الانحدارات المحدبة:

تظهر الانحدارات المحدبة بشكل معاكس للمقعرة، حيث تكون الخطوط الكنتورية متباعدة في القمة ومتقاربة بشكل تدريجي بالاتجاه نحو اسفل المنحدر وبدرجة كبيرة عند اسفل السفح، شكل رقم (3 – 6أ).

وقد يظهر المرتفع ذات الانحدارات المحدبة في مقطعه العرضي على شكل قبة لتشابه نوع الانحدار على جهتي المنحدر، شكل رقم (3 – 6 ب).

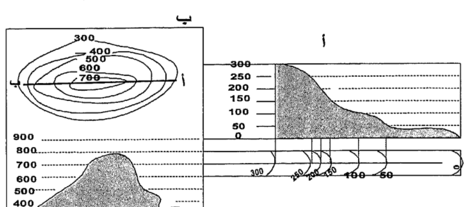
شكل رقم (3 – 6) الانحدار المحدب



4- الانحدارات غير المنتظمة:

تتخذ بعض الانحدارات شكلا غير منتظم في مقطعه الطولي حيث يتضمن مقاطع محدبة واخرى مقعرة او مستوية، ويظهر البعض منها سلمي الشكل، أي تتكون من عدة مستويات متباينة الارتفاع، وعليه تظهر الخطوط الكنتورية في الخرائط التي تمثل تلك السفوح بشكل غير منتظم حيث تتقارب في مواقع وتتباعد في أخرى معبرة عن طبيعة تلك السفوح، شكل رقم (3 – 7).[3]

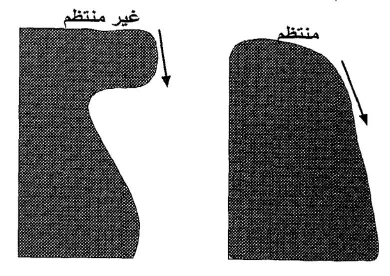
شكل رقم (3 – 7) انحدار غير منتظم



5 – الانحدارات الجرفية:

تشهد السفوح تطورات مختلفة تؤدي إلى تغيير شكلها من وقت لأخر حسب شدة تأثير العوامل المؤثرة، وقد يتحول البعض منها إلى سفوح جرفيه ويصل درجة بعضا إلى 90° ويكون بعضها ذات سفوح منتظمة وأخرى غير منتظمة، شكل رقم (3 – 8) وتظهر تلك السفوح عند سواحل البحار والجبال التي تتعرض إلى عمليات تعرية وتجوية على نطاق واسع، او نتيجة النشاط البشري لغرض تنفيذ مشروع ما يحتاج الى قطع سفوح المرتفعات التي تعترض تنفيذه.

شكل رقم (3 – 8) الانحدارات الجرفية المنتظمة وغير المنتظمة



وقد تتكون غير المنتظمة من عدة أقسام متباينة هي:

أ – شرفات الأجراف:

يطلق على الجزء العلوي البارز من السفوح والذي يشرف على الجزء الأوسط والسفلي اسم الشرفة، والتي تختلف من مكان لاخر حسب طبيعة امتداد الطبقات الصخرية وصلابتها وما تتضمنه من فواصل وكسور، شكل رقم (3 – 8) وينتشر هذا النوع من الشرفات في السفوح المواجهة للرياح والإمطار بصورة واضحة اكثر من السفوح غير المواجهة. حيث تدفع الرياح بالإمطار والرطوبة الى داخل الشقوق والفواصل والكسور التي تتضمنها الطبقات الصخرية التي تتكون منها السفوح، وتكون الشرفات واضحة في السفوح الجرفية التي تعلوها طبقة صخرية صلبة ترتكز على طبقات اقل صلابة.

ب – تجويف المنحدر:

ويمثل الجزء الثاني من السفوح الجرفية غير المنتظمة حيث يظهر تقوس في المنحدر نحو الداخل وبدرجات متباينة بعضها بدرجة كبيرة متجهة نحو الأعلى

والبعض الآخر على شكل نصف دائري منتظم واخرى مستطيلة الشكل، ويرتبط ذلك بنوع مكونات السفوح وطبيعة امتداد الطبقات الصخرية وما تتضمنه من فواصل وكسور والعوامل المؤثرة فيها، وتكون واضحة في المناطق الرطبة وشبه الرطبة اكثر من المناطق الجافة وذلك لنشاط عمليات التجوية والتعرية المائية. شكل رقم (3 – 9).

ج – أقدام الأجراف:

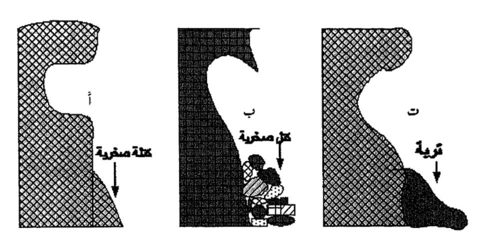
تتخذ الأجزاء السفلى من السفوح الجرفية أشكالا مختلفة منها ما يأتي:

1) أقدام جرفيه ذات صخور مكشوفة صلبة حيث عملت التعرية على إزالة الطبقات الهشة التي تعلوها، وتظهر على نطاق واسع في السفوح الجرفية التي تتعرض الى زخات مطرية شديدة تعمل على تعرية التكوينات الهشة العليا، شكل رقم (3 – 9أ).

2) أقدام جرفيه تتراكم فوقها كتل صخرية ومفتتات تحركت من الأجزاء العليا واستقرت في المواضع التي تسمح طبيعتها بذلك من حيث شدة الانحدار والتكوين، شكل رقم (3 – 9ب).

3) أقدام جروف ترابية تكونت بسبب تجمع المفتتات الصخرية الناعمة والأتربة بكميات كبيرة فوقها فتغير من درجة انحدارها حيث تكون اقل مما كانت عليه.[4] شكل رقم (3 – 9ت).

شكل رقم (3 – 9) سفوح جرفيه غير منتظمة



6– الانحدارات المتضرسة

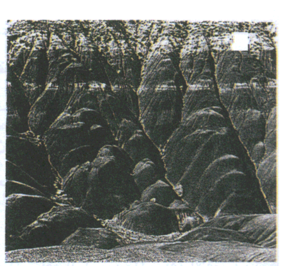
تتخذ بعض انواح السفوح شكلا متضرسا يختلف عن الأنواع السابقة، اذ تكون شديدة التضرس او الوعورة بتأثير المجاري المائية وطبيعة مكوناتها، حيث تعمل تلك المجاري على تقطيع بعض السفوح وتمزيقها الى كتل صغيرة بعضها يشبه الميسا والبعض الآخر يشبه التلال المنفردة ا والسلسلة المتعددة القمم، وتكون صغيرة المساحة ومنخفضة الارتفاع وتفصل بينها المجاري المائية بمختلف مراتبها الرئيسية والثانوية، شكل رقم (3 – 10أ).

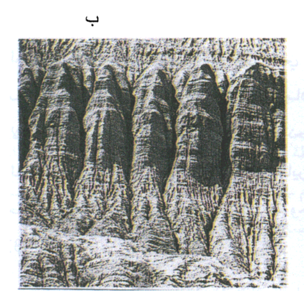
كما يسود نوع أخر في بعض السفوح التي تقطعها مجاري مائية قليلة الروافد بشكل طولي من الأعلى الى الاسفل فتحولها الى كتل طولية صغيرة المساحة وذات جوانب شديدة الانحدار نحو المجاري ومتوازية الامتداد من أعلى السفوح الى أسفلها، شكل رقم (3 – 10ب).

وقد يعترض استغلال تلك السفوح مشاكل كثيرة لعدم استقرارها وتعرضها الى عمليات مختلفة وعدم توفر مساحات واسعة غير متضرسة لاستغلالها في أي نشاط اقتصادي او عمراني.

شكل رقم ر(3 – 10) انحدارات متضرسة

ب أ





المبحث الثالث – قياس الانحدارات:

ان قياس العناصر المختلفة للانحدارات يحتاج الى قياس كل من الفاصل الرأسي والمسافة الافقية وفيما يلي توضيح لكل منهما:

أ– الفاصل الرأسي:

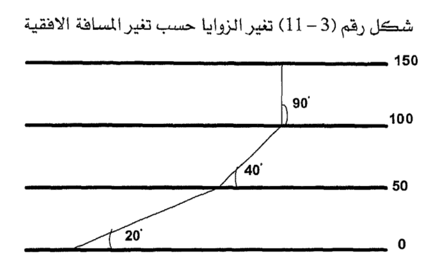
وهو الفرق في الارتفاع بين نقطتين تقعان على مستويين مختلفين، او بين خط كنتور وأخر، ويكون مقداره ثابت في الخرائط الكنتورية حسب الوضع التضاريسي لكل منطقة مرتفعة او منخفضة، شديدة الانحداراوبطيئة، ففي المناطق السهلية يكون الفاصل الرأسي مابين 1 و 2م لعدم وجود تباين كبير بين أجزاءه ارتفاعا او انخفاضا، بينما يكون الفاصل كبيرا في المناطق الجبلية والهضبية ويتراوح مابين 5 و 50 م في التلال والمرتفعات التي تقل عن 1000م، في حين تصل الى اكثر من 100م في المرتفعات التي تزيد عن ذلك.

ب – المسافة الأفقية:

وهي المسافة التي تفصل بين نقطة واخرى على الأرض وخط واخر على الخريطة الكنتورية وتظهر بشكل افقي على الخريطة بينما في الحقيقة تكون مائلة او منحدرة على الطبيعة، وتتباين المسافة الافقية من مكان لاخر حسب شدة الانحدار اذ تكون المسافة قصيرة في الانحدارات الشديدة وطويلة في الانحدارات البطيئة، ويترتب على تباين المسافات تباين الزوايا رغم تساوي المسافات الرأسية حيث تكون قائمة في المنحدرات الشديدة وحادة في المنحدرات البطيئة، شكل رقم (3 – 11).

وقياس كل من الفاصل الرأسي او المسافة الرأسية والمسافة الأفقية يتم بصورة مباشرة وغير مباشرة.

شكل رقم (3 – 11) تغير الزوايا حسب تغير المسافة الافقية



أولاً – طريقة القياس المباشر.

وتعد الطريقة العلمية والحقيقية في الدراسات الجيومورفولوجية وذلك لقيام الباحث بعملية القياس بنفسه أو الاستعانة بمن لديهم خبرة بذلك فتكون المعلومات

على درجة عالية من الدقة وباستخدام المعدات والأجهزة الحديثة ، وسيتم تناول قياس كل عنصر على حده وكما يأتي:

1) **قياس المسافة الأفقية:**

أ – قياس الانحدارات المنتظمة :

ان قياس تلك السفوح عملية بسيطة ولا تحتاج الى جهد كبير وذلك باستخدام المعدات والأجهزة المتاحة التي تستخدم في قياس المساحات ومن ابسطها الجنزير والشريط المعدني او القماش او أجهزة المساحة الآلية والإلكترونية الحديثة.

ب – قياس الانحدارات غير المنتظمة.

يحتاج قياس السفوح غير المنتظمة الى جهد اكبر مما في المنتظمة وذلك لعدم تجانسها بسبب ارتفاع أجزاء وانخفاض او انبساط أجزاء أخرى لذا يجب قياس كل جزء على حدة ومن ثم تجمع النتائج التي تمثل طول المنحدر. وقد تتضمن بعض السفوح والمنحدرات معوقات تحول دون قياسه الى نهايته لذا يجب معالجة ذلك من خلال استخدام بعض الأساليب المناسبة لكل نوع من تلك المعوقات ومنها ما يأتي:

2) **عائق بسيط يعترض القياس فقط:**

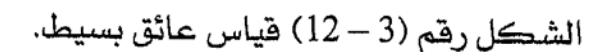
توجد بعض المعوقات البسيطة تحول دون استمرار قياس المسافة الأفقية لذا تقاس بطريقة مناسبة وتضاف الى المسافة الكلية ومن خلال الأسلوب آلاتي:

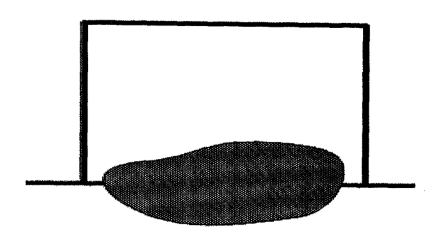
أ. رسم خط يمثل طول المسافة المراد قياسها مثل أ ب في الشكل رقم (3 – 12).

ب. تحديد نقطتين على جانبي العائق مثل ج، هـ.

ج. رسم عمودين من النقطتين السابقتين الى الأعلى وهما ج د ، هـ و.

د. رسم خط من د الى و موازي للمسافة التي يشغلها العائق، كما في الشكل (3 – 12).


الشكل رقم (3 – 12) قياس عائق بسيط.



3) عائق يعترض القياس والرؤيا:

و يشمل المنحدرات التي تتضمن تحدب كبير او تل صغير، ولغرض تجاوز ذلك يتبع ما يأتي:

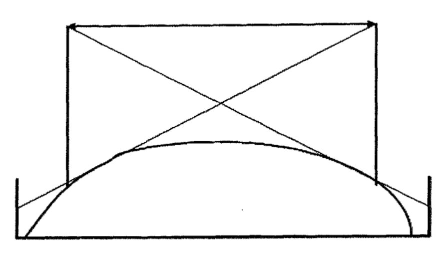
أ. رسم خط يمثل المسافة الأفقية المطلوب قياسها مثل أ ب في الشكل رقم (3 – 13).

ب. تحديد نقطتين على جانبي الظاهرة مثل ج، د.

ج. مد خطين يمران من جانبي الظاهرة وبشكل مائل حتى يلامسان جانبيها تقريبا عند نقاط معينة مثل ج، د ويتقاطعان عند و ويستمران في امتدادهما ج الى س و د الى ص بحيث تكون نقطة التقاطع منتصف امتداد الخطين.

د. رسم خط يصل بين س، ص يساوي المسافة التي يشغلها العائق، كما في الشكل (3 – 13).[5]

الشكل رقم (3 – 13) قياس عائق كبير



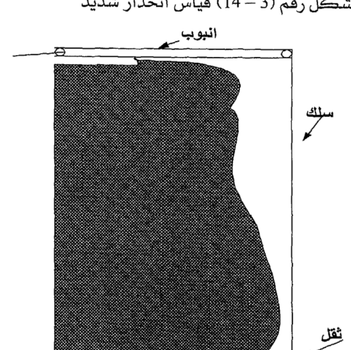
4) قياس الارتفاع (الفاصل الرأسي):

يعد قياس الفاصل الرأسي او الارتفاع اكثر صعوبة من قياس المسافة الافقية وحسب طبيعة الانحدار من حيث الشدة والارتفاع، ومن الطرق التي يمكن اتباعها ما يأتي:

أ – قياس الارتفاعات الشديدة الانحدار:

تستخدم عدة طرق في قياس ارتفاع المنحدرات الشديدة من ابسطها استخدام حبل أو شريط قياس طويل أوسلك يوضع برأسه ثقل ليحافظ على استقامته ويسهل تحركه نحو الأسفل على امتداد المنحدر حيث يمثل طول الحبل او السلك ارتفاع المنحدر، وفي حالة وجود تحدب بسيط في وسط المنحدر أو أسفله يمكن استخدام أنبوب طويل وخفيف الوزن ويمرر الحبل فيه ويدفع الأنبوب الى الإمام حتى يكون بمستوى منطقة التحدب بحيث يأخذ الحبل وضعا مستقيما حتى اسفل المنحدر، شكل رقم (3 – 14).

شكل رقم (3 – 14) قياس انحدار شديد

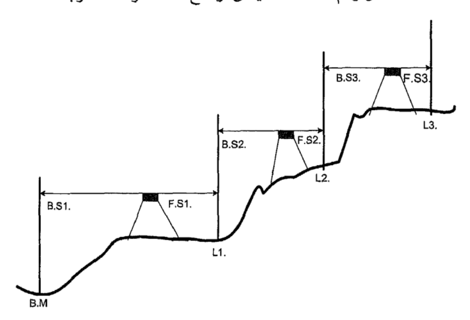


ب– قياس الفاصل الرأسي او الارتفاع في المنحدرات المتدرجة:

ان قياس الفاصل الرأسي في السفوح المتدرجة الانحدار يحتاج الى جهد اكثر من النوع السابق، حيث تستخدم أجهزة التسوية المتنوعة الأوتوماتيكية والإلكترونية التي تستخدم في قياس الأبعاد والمناسيب، وخاصة الأوتوماتيكية التي أجريت عليها تحسينات لزيادة الدقة في المعلومات مثل إضافة المايكرومتر الذي زاد من كفاءة تلك الأجهزة في قراءة المسافات الرأسية والأفقية، حيث يمكن تحديد ارتفاع أية نقطة من خلال استخدام الجهاز الأوتوماتيكي، فعلى سبيل المثال قياس الفاصل الرأسي لمنحدر غير منتظم كما في الشكل رقم (3 – 15) حيث تتم قراءة منسوبين أمامي F. s وخلفي B. s وتطرح الأمامية من الخلفية لانها تمثل ارتفاع الجهاز ومن ثم يضاف الناتج الى قيمة النقطة التي بدأ منها القياس والمتمثلة بالنقطة

B. M والتي قد تكون قيمتها صفر اذا كانت من بداية السفح، وفي الشكل (3 – 15) قيمتها 40 م، وبعد أجراء القياسات على طول المنحدر المطلوب قياسه وعلى شكل مراحل فالمرحلة الأولى بين B. M و L. 1 والثانية بين L. 1 و L. 2 والثالثة بين L. 2 وL. 3، وبعد الانتها من عملية القياس تجمع القراءات الأمامية وتطرح من مجموع القراءات الخلفية ويضاف الناتج الى قيمة B. M فيمثل الناتج مقدار ارتفاع النقطةL3، فعلى سبيل المثال كان مجموع القراءات الأماميةF. s يساوي 6م ومجموع القراءات الخلفية B. s يساوي 14م تطرح الأولى من الثانية فيكون الناتج 9م والتي تضاف الى قيمة B. M (40+ 9= 49) م ارتفاع النقطة L. 3.[6]

شكل رقم (3 – 15) قياس ارتفاع الانحدارات المتدرجة



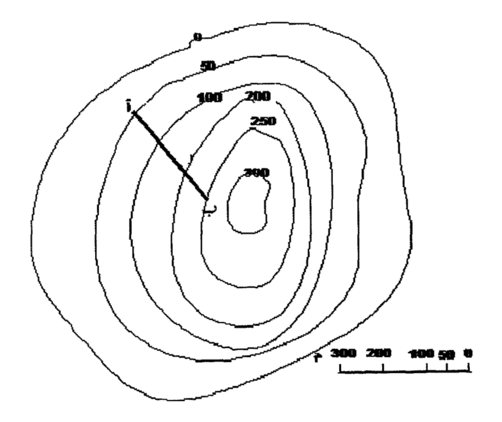
ثانياً – طريقة قياس الارتفاع غير المباشرة:

تعتمد طريقة القياس غير المباشرة على توفر خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة حيث يمثل الخط الكنتوري مقدار ارتفاع النقطة التي يمر بها، وعليه يمثل عدد الخطوط بين نقطة وأخرى رأسيا مقدار الارتفاع، فعلى سبيل المثال في الشكل رقم

(3 – 16) النقطة أ تقع على خط 50 وب على خط 200 فالفاصل الرأسي 200 – 50= 150 م. كما يمكن استخدام طريقة أخرى وهي عدد الخطوط الكنتورية بين نقطة وأخرى X قيمها ، ففي المثال السابق عدد الخطوط بين النقطتين 3 تضرب في قيمتها 50 فتساوي 150.

اما المسافة الأفقية بين نقطة وأخرى فيعتمد على مقياس رسم الخريطة الكنتورية الذي يوضح العلاقة بين المسافة على الخريطة والمسافة على الارض، على سبيل المثال مقياس رسم الخريطة 1\10000 ، أي كل واحد سم على الخريطة يساوي 100 م على الأرض، فإذا كانت المسافة على الخريطة 5سم فعلى الأرض تساوي 5X 100=500 م.

شكل رقم (3 – 16) خريطة كنتورية لقياس المسافة الرأسية والأفقية



ثالثاً – قياس خصائص الانحدار:

بعد أيجاد قيم كل من الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية يمكن التعرف على عدة خصائص للمنحدرات منها ما يأتي:

1– قياس معدل الانحدار:

يقاس معدل الانحدار من خلال العلاقة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية وحسب القانون الآتي:

$$\text{معدل الانحراف} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الأفقية}}$$

فعلى سبيل المثال أيجاد معدل الانحدار لسفح جبل كما محدد في الشكل رقم (3 – 17) حيث كان الفاصل الرأسي 250م والمسافة الأفقية 3000م فيكون المعدل

$\frac{250}{3000} = \frac{1}{12}$ أي كل 12 م تنحدر 1م.

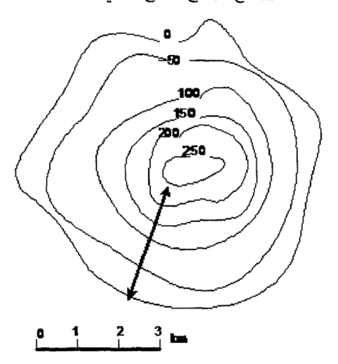
ان ما يجب الانتباه له ان معدل الانحدار يكون بسط ومقام.

2 – نسبة الانحدار:

يطبق القانون السابق ويضرب x 100

$$\text{معدل الانحراف} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الأفقية}} \times 100$$

شكل رقم (3 – 17) يوضح موضع مقطع طولي للمنحدر



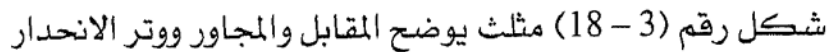
$$\frac{250}{3000} x100 = 8.33\%$$

3- درجة الانحدار:

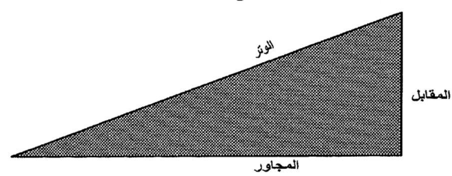
تقاس درجة الانحدار بعدة طرق منها مايأتي:

أ – ظل الزاوية الناتج من العلاقة بين المقابل والمجاور، أي: $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

المقابل يعني الفاصل الرأسي والمجاور المسافة الافقية، حيث يكون الشكل الناتج عن تلك العلاقة مثلث يتضمن وتر الانحدار والذي يعبر عن مقدار انحداره شكليا أيضا، شكل رقم (3 – 18).



شكل رقم (3 – 18) مثلث يوضح المقابل والمجاور ووتر الانحدار



ومن المثال السابق ظل الزاوية = $\frac{250}{3000} = 0.083$ ويقابلها درجة انحدار= 5

ب – تطبيق القانون الأتي:

$$\text{درجة الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي} \times 57.3}{\text{المسافة الأفقية}}$$

ان الرقم 57.3 مقدار ثابت في القانون ويتم تقريبه في بعض الأحيان الى 60 لتسهيل العمليات الحسابية وقلة التغير في النتيجة.

وتطبيقا للمثال السابق درجة الانحدار $\frac{57.3x250}{3000} = 5$

ج – استخدام أجهزة القياس:

يمكن قياس درجة الانحدار باستخدام بعض الأجهزة المعدة لهذا الغرض والبسيطة الاستخدام والتي تحقق نتائج دقيقة ومنها ما يأتي:

1) الكلانوميتر Clinometer

ويعد من ابسط الأجهزة التي تستخدم لقياس درجة الانحدار وعلى درجة كبيرة من الدقة ، فضلا عن انه صغير الحجم حيث يتكون من منظار صغير يتضمن فقاعة توازن بداخله ومثبت في أسفله قرص نصف دائري مقسم الى نصفين كل

منهما 90 درجة ويتحرك فوقه مؤشر يتحرك مع حركة المنظار الى الأعلى والأسفل حتى تستقر الفقاعة على الشاخص الذي يثبت فوق النقطة التي يراد قياس درجة الانحدار نحوها ، شكل رقم (3 – 19أ).

كما يوجد نوع أخر يتكون من قرص نصف دائري أيضا فوقه منظار أنبوبي الشكل والذي بواسطته يحافظ على المسافة الأفقية حسب الشاخص المثبت لهذا الغرض، ويتضمن مؤشر يتحرك فوق القرص، ويعمل بنفس آلية النوع السابق، شكل رقم (3 – 19 ب).

شكل رقم (3 – 19) أجهزة الكلانوميتر

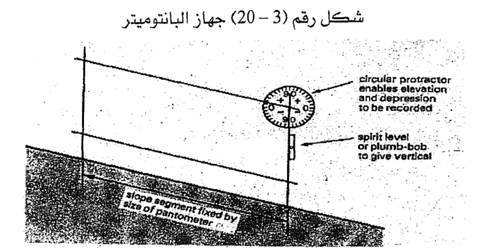
أ

ب

2) البانتوميتر Pantometer

يستخدم هذا النوع لقياس درجة انحدار الحواجز المحدودة المسافة وتحول دون استخدام النوع السابق والتي تكون موازية في امتدادها للانحدار، ويتكون من قرص مقسم الى قسمين كل منهما 180 درجة ومثبت على حامل يتضمن فقاعة توازن ومثبت على قاعدة مستطيلة الشكل، ويتضمن مؤشر يتحرك مع ميل القاعدة وبالتوازن مع الفقاعة توضح درجة ميل الحاجز، شكل رقم (3 – 20).[7]

شكل رقم (3 – 20) جهاز البانتوميتر



وتعد درجة الانحدار ذات أهمية كبيرة بالنسبة للانشطة التي تقام على السفوح حيث من خلالها تحدد صلاحيتها ام لا ، كما يستفاد منها في معرفة قيمة الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية اذا كان أحدهما معلوم والآخر مجهول ومن خلال تطبيق القوانين الآتية:

$$\text{الفاصل الرأسي} = \frac{\text{درجة الانحدار} \times \text{المسافة الأفقية}}{60}$$

$$\text{ومن المثال السابق} = \frac{3000 \times 5}{60} = 250\text{م}$$

$$\text{المسافة الأفقية} = \frac{\text{الفاصل الرأسي} \times 60}{\text{درجة الانحدار}}$$

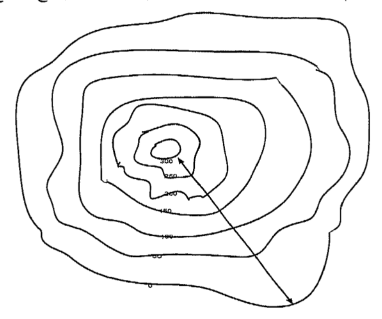
ومن المثال السابق = $\frac{60 \times 250}{5}$ = 3000م

المبحث الرابع – تمثيل الانحدارات كميا ونوعيا:

1– رسم مقطع طولي للمنحدر.

تستخدم المقاطع الطولية للتعبير عن طبيعة الانحدار من حيث الانتظام والشدة والتحدب والتقعر، ويعتمد رسمها على توفر خريطة كنتورية للمنحدر لمعرفة الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية، على سبيل المثال رسم مقطع لسفح مرتفع وكما مؤشر على الخريطة في الشكل رقم (3 – 21) حيث كان الفاصل الرأسي 50م والمسافة الأفقية كل 1سم على الخريطة يقابله 250م على الأرض، أي 1/ 25000.

الشكل رقم (3 – 21) خريطة كنتورية مؤشر عليها موضع مقطع طولي



يتم قياس المسافة الافقية بين كل خط كنتور واخر حسب مقياس رسم الخريطة، والتي تكون كما يلي:

650= 50 – – 0

250= 100—50

200= 150—100

250= 200—150

150= 250—200

300=300—250

حيث بلغ مجموع المسافة الافقية للمقطع 1800م، اما الارتفاع او الفاصل الرأسي فيساوي 300م.

وبعد توفر تلك المعلومات تتبع الخطوات الآتية:

أ. رسم خط افقي يمثل الارتفاع ويتم ترقيمه بشكل متدرج من الأسفل الى الأعلى حسب تدرج أرقام الخطوط الكنتورية.

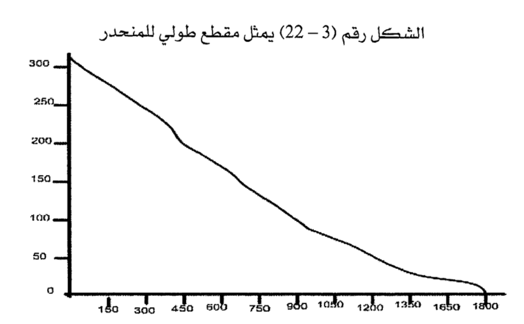
ب. رسم خط افقي يمثل المسافة الأفقية للمنحدر وبشكل متدرج أيضا من الأصغر الى الأكبر، على ان يغطي المسافة الكلية للمقطع والبالغة في المثال السابق 1800م.

ج. معرفة المسافة الأفقية بين خط كنتوروأخر لتثبيتها مقابل الرقم الذي يمثلها ارتفاعا،

د. بعد تثبيت المسافات بين خط واخر بنقاط والتي تبدأ بالعكس من الأعلى نحو الأسفل يتم توصيل تلك النقاط ببعضها فيظهر خط منحدر يعبر عن طبيعة

السفح في ذلك الموضع، وكما في الشكل رقم (3 – 22) يمثل مقطع طولي للمنحدر.

الشكل رقم (3 – 22) يمثل مقطع طولي للمنحدر



2– تمثيل الانحدارات كميا ونوعيا:

ان تمثيل انحدار مظاهر سطح الأرض يعد ذا أهمية كبيرة في مجالات مختلفة كالطرق والعمران والسدود والخزانات، والتي توضح طبيعة انحدار الأرض وتباين التضاريس في أي موضع، ويتم ذلك بعدة طرق منها ما يأتي:

أ – طريقة سميث:

تتطلب هذه الطريقة خريطة كنتورية للمنطقة حيث يتم تقسيم الخريطة الى عدة مستطيلات مساحة كل واحد منها على الارض 4،4 × 6، 75 ميل، اما على الخريطة فحسب مقياس رسمها، ثم يحسب الفرق بين أعلى وادنى نقطة في كل مستطيل وتوصل القيم المتساوية بخطوط التساوي وبفاصل رأسي مقداره 100 قدم،

ومن ثم تظلل المناطق المتشابهة فتظهر عدة مناطق متميزة عن بعضها بالارتفاع وبفارق 100 قدم بين منطقة وأخرى.

وقد طبق سميث ذلك على ولاية اوهايو الأمريكية والتي كان مقياس رسمها 1/ 600000 فظهرت ثمانية مناطق متميزة، كما أوجد نسبة مساحة كل منطقة من المساحة الكلية للولاية، وتم تحديد طبيعة توزيع التضاريس من جبال وسهول فيها، شكل رقم (3 – 23). [8]

شكل رقم (3 – 23) تطبيق طريقة سميث على ولاية اوهايو

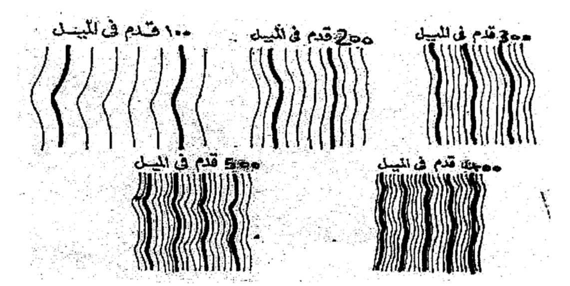


ب– طريقة رويس وهنري:

لقد اتبع الباحثان طريقة تقسيم الخريطة الى أقسام صغيرة على أساس كثافة الخطوط الكنتورية في كل قسم وعلى أساس ان مقياس رسم الخريطة بوصة/ ميل (1/ 63360)، وكان في كل بوصة خمسة خطوط كنتورية والفاصل

الرأسي بين خط واخر 20 قدم وعليه يكون الارتفاع في هذه الحالة 5 × 20 = 100 قدم في الميل الواحد، وكلما زاد عدد الخطوط في البوصة الواحدة يزداد مقدار الفاصل الرأسي، فإذا كان عدد الخطوط 10 فالفاصل 10 × 20 = 200 قدم/ ميل، وهذا يعني كلما زاد عدد الخطوط المارة في البوصة الواحدة زاد الانحدار، شكل رقم (3 – 24أ).

شكل رقم (3 – 24أ) كثافة الخطوط الكنتورية في الميل الواحد حسب مقدار الانحدار

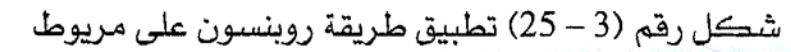


وتتوقف طبيعة انحدار أية منطقة على ما تتضمنه من تضاريس، حيث تحدد طبيعة انحدار كل منطقة وإظهار اوجه التشابه والاختلاف ضمن المنطقة الواحدة وبين منطقة واخرى، ومن ثم تظليلها بشكل يتناسب مع كثافة الخطوط الكنتورية، شكل رقم (3 – 24 ب)، ويمكن تحويل تلك الخطوط إلى درجات انحدار.[9]

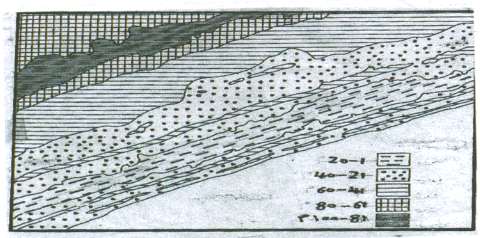
شكل رقم (3 – 24 ب) تظليل انحدار التضاريس حسب شدتها

ج– طريقة روبنسون:

تعتمد هذه الطريقة على خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة ويتم تقسيمها الى مربعات صغيرة المساحة تصل الى اقل من ربع ميل لغرض الدقة في المعلومات، وتدون داخل كل مربع قيم الخطوط الكنتورية المارة به، وفي حالة وقوع المربع بين خطي كنتور دون ان يمرا به تدون داخل المربع متوسط قيمة الخطين، وبعد الانتهاء من تدوين كافة القيم داخل المربعات يجري تصنيف القيم المتشابهة داخل المربعات من أعلى الى أدنى قيمة، وبعد ذلك تظلل مواقع القيم بشكل متدرج ويتناسب مع تدرج مقادير تلك القيم بحيث تكون الاكبراكثر تظليلا والأصغر اقل، وقد طبقت تلك الطريقة على جزء من إقليم مريوط غرب ألا سكندرية في مصر فظهرت كما في الشكل رقم (3 – 25).[10]



شكل رقم (3 – 25) تطبيق طريقة روبنسون على مريوط



3– رسم خرائط وإشكال للمنحدرات:

ان دراسة منحدرات أية منطقة يمكن ان تترجم الى خرائط وأشكال توضح طبيعتها من حيث الشكل العام ودرجة الانحدار ونقاط التغير في درجة الانحدار واتجاهه، وباستخدام رموز للدلالة على تلك العناصر والتي يمكن الاستفادة منها عند تخطيط المشاريع المختلفة لانها توضح المواقع الشديدة الانحدار والبطيئة والمناطق المحدبة والمقعرة ودرجة التغير في مقطع المنحدر الطولي، سيتم تناول ذلك في الفقرات اللاحقة.

المبحث الخامس – المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات:

تتعرض السفوح او المنحدرات إلى عمليات السقوط والانزلاق والهبوط والتدفق الطيني والزحف والتي تعد من المشاكل التي يتعرض لها النشاط البشري سواء فوق تلك المنحدرات او في أسفلها، وقد لا تقتصر آثارها على ذلك بل يشمل مناطق واسعة تقع على مسافة عن المنحدرات تصل عدة كيلومترات وخاصة المجاري الطينية والانهيارات، وقد تعرضت مناطق عديدة في العالم الى تلك المشاكل مثل ما حدث في المغرب عام 1988 في مدينة فاس الذي تسبب في وفاة 50 شخصا، وما حدث في

ريودي جانيرو الجبلية الذي أدي الى وفاة 277 شخصا وتشريد اكثر من 18000 فضلا عن الخسائر المادية. [11]

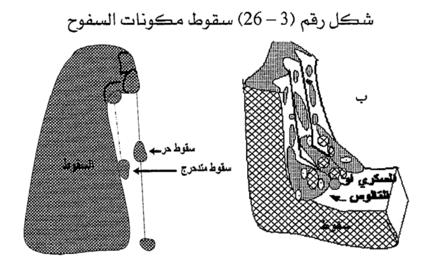
و تحدث تلك العمليات بأشكال وأوضاع مختلفة وكما يأتي:

1- **السقوط** Falls:

تحدث عمليات السقوط في السفوح الشديدة الانحدار التي يتراوح انحدارها مابين 70 و 90 وتقل في السفوح المتكونة من صخور صلبة الا أنها تنشط في التكوينات الضعيفة التماسك حيث تتحرك الكتل المنفصلة من الطبقات العليا نحو الاسفل اما بشكل مباشر دون الاحتكاك بالمنحدر كما في المنحدرات الجرفية، او تتدحرج بسرعة كبيرة على السفوح الشديدة الانحدار حتى تستقر في أسفلها، شكل رقم (3 – 26أ)، وتحدث هذه الظاهرة في جميع المنحدرات الشديدة كالاجراف البحرية والنهرية وسفوح المنحدرات الجبلية او سفوح الاودية، وتكثر في التي تتكون من طبقات صخرية متباينة الخصائص وتتعرض الى عمليات التجوية والتعرية فتعمل على تفكك الضعيفة منها فتسقط بفعل الجاذبية نحو الاسفل، حيث تكون سريعة الحركة في السفوح الشديدة الانحدار وبطيئة في السفوح المتوسطة او المعتدلة الانحدار، ومن نتائج تلك العملية تجمع المواد المتساقطة بأنواعها من كتل صخرية وجلاميد وحصى ومفتتات واتربة على شكل أكوام كبيرة فوق اسفل المنحدرات وتكون ذات انحدار اقل شدة من التي تعلوها وتسمى هذه الظاهرة بالسكري(Scree) او ألتا لوسTalus، شكل رقم (3 – 26 ب) وهي ذات خصائص تختلف عن السفوح التي ترتكز عليها حيث تكون غير طبقية وقليلة التماسك لذا تتعرض لعمليات التعرية والتجوية على نطاق واسع، وقد يستغل بعضها للأغراض الزراعية رغم تعرضها للمخاطر.

ومن الجدير بالذكر ان عمليات السقوط تختلف من فصل لاخر، ففي الفصول الباردة التي يحدث فيها انجماد وذوبان تنشط فيها تلك العمليات، وكذلك المناطق الرطبة حيث تعمل المياه على تفكك الصخور بالتجوية او التعرية، الا أنها على نطاق اقل في المناطق الجافة ولكن تكون في المناطق الحارة ذات المدى الحراري الكبير اكثر من المعتدلة.[12]

شكل رقم (3 – 26) سقوط مكونات السفوح



2– الانزلاق Slides

تحدث ظاهرة الانزلاق على السفوح غير الجرفية التي يقل انحدارها عن 80 سواء كانت صخرية صلبة او هشة، الاانها تكون على نطاق واسع في السفوح التي تتكون من طبقات صخرية مائلة باتجاه الانحدار وذات تراكيب مختلفة، حيث تتحرك كتل كبيرة من تلك الصخور نحو الاسفل وبكل مكوناتها، وتتباين في أوضاعها وحركتها واثارها وما يسفر عن ذلك من تغير في شكل السفح متأثرة بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ. نوع التكوينات المنزلقة صخرية أم مفتتات هشة.

ب. شكل السفح الذي تمر فوقه الكتل المنزلقة منتظم أم غير منتظم، محدب أم مقعر، حيث تزداد الحركة فوق السفوح المنتظمة والمقعرة.

ج. درجة انحدار السفح، اذ تزداد سرعة الحركة والمسافة التي تقطعها الكتلة المنزلقة بزيادة درجة الانحدار.

د. طبيعة مكونات السفوح، حيث تزداد الحركة عندما تكون الطبقة المنزلقة تحتها طبقة هشة أو طينية ضعيفة التماسك، او طبقات مائلة نحو الاسفل،

ه. رطوبة السفوح، تزداد الانزلاقات في المناطق الرطبة وتقل في المناطق الجافة لان الماء يقلل من احتكاك الكتلة بالسطح الذي تتحرك عليه، كما تنشط عمليات التجوية والتعرية في تلك المناطق والتي تساعد على كثرة الانزلاقات.

و. حدوث الزلازل التي تعمل على تفكك الصخور وتحركها من مواقعها وعلى شكل كتل كبيرة تنزلق نحو الاسفل.

ز. النشاط البشري وما ينتج عنه من اثار تسهم في حدوث الانزلاقات مثل إزالة الطبقات الصخرية السفلية التي تعد نقطة ارتكاز ما فوقها.

ويتضح من ذلك ان الانزلاقات تكون بأوضاع مختلفة ففي بعض الأماكن تكون على شكل كتل تتحرك في فترات متعاقبة حيث تنزلق كتلة من اسفل المنحدر ثم تليها التي تعلوها والتي بعدها بشكل متتالي، فيظهر شكل المنحدر غير منتظم اذ تؤدي تلك العملية الى تغير شكل السفح، شكل رقم (3 – 27).

اما السفوح التي تتكون من المفتتات الصخرية والتربة ولكن على نطاق محدود، أي تشكل طبقة غير سميكة تصل الى عدة أمتار وترتكز على طبقات صخرية، فأنها تتعرض الى الانزلاق عندما تتشبع بالمياه فيضعف تماسكها فتتحرك فرق السطح الرطب فتغطي السفوح التي تقع الى الأسفل منها وتظهر التكوينات الواقعة تحتها في الموضع المعرض الى الانزلاق.[13)

وقد شهدت مناطق عدة من العالم حدوث الانزلاقات التي كانت ذات اثار مدمرة منها على سبيل المثال ماحدث في الولايات المتحدة عام 1959 حيث تعرض نهر ماديسون بولاية مونتانا الى انزلاق كتلة كبيرة من الصخور نحوه تقدر بحوالي 27 مليون م^3 فادت الى سد المجرى وردم طريق سيارات محاذي للمنحدر، وكذلك ما حدث في إحدى الخزانات أمام سد في جبال الألب الإيطالية طوله حوالي 9.1 كم وارتفاعه 250م، حيث عملت المياه على إذابة الصخور ومن ثم تكون فجوات كبيرة خاصة عند سفوح المرتفعات المطلة على الخزان فادت الإذابة على نطاق واسع الى تأكل القاعدة السفلى لتلك السفوح وبالتالي انزلاق كتلة صخرية من جانب الجبل المطل على الخزان بلغ حجمها 240م^3 وعلى ارتفاع 150م، ونتج عن ذلك حدوث موجة ارتفاعها حوالي 90م التي انتقلت على طول البحيرة ولمسافة 5كم وتسببت في وفاة حوالي 2600 شخص.

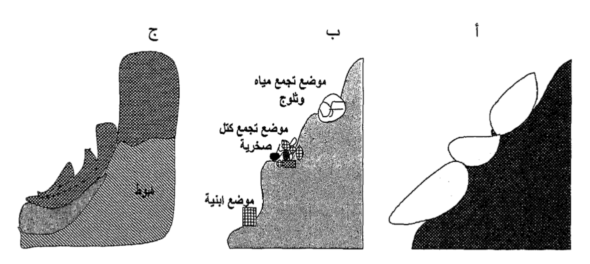
شكل رقم (3 – 27) انزلاق الكتل الصخرية



3 – **الهبوط** Slumps

تحدث ظاهرة الهبوط في السفوح ذات التكوينات الهشة عندما تتحرك كتلة كبيرة من تلك التكوينات حركة د ورانية الى الوراء عندما تتشبع بالماء فتتعرض في البداية الى هبوط بسيط في التكوينات المتشبعة بالماء فتضعف من القاعدة التي ترتكز عليها التكوينات التي تعلوها فتتحرك بشكل دوراني نحو الاسفل لتستقر فوق التكوينات المتشبعة بالماء، وتكون تلك الحركة في اغلب الأحيان هلالية الشكل، وفي بعض السفوح تتحرك كتلتين أو ثلاث بشكل متتالي وخلال فترة قصيرة فتتخذ الكتل الهابطة شكلا مميزا حيث تظهر وراء بعضها البعض بشكل مصفوف، شكل رقم (3 – 28 أ)، وفي بعض الأحيان تحدث عمليات هبوط كبيرة تعمل على تحرك كتل كبيرة من وسط المنحدر فستقر في أسفله وتتحرك كتلة أخرى فتستقر الى الأعلى من الأولى وتتحرك كتلة ثالثة تستقر الى الأعلى من الثانية فتظهر سلمية الشكل، شكل رقم (3 – 28 ب)، وتحدث عمليات الهبوط في السفوح التي تزال فيها القاعدة الصخرية التي ترتكز عليها المكونات التي تعلوها، كما تحدث في الأجراف البحرية عند تقويض التكوينات السفلية، وتحدث أيضا في السفوح التي يزداد فوقها الثقل لأي سبب كان مثل تجمع الثلوج والمياه او الصخور فوق موضع معين او اقامة بناء فتشكل ثقل على تلك المواضع الضعيفة المقاومة فتهبط نحو الاسفل.[14] شكل رقم (3 – 28 ج)، ففي المواضع التي تتجمع فوقها الثلوج وتذوب بشكل تدريجي فتتسرب المياه الى داخل التربة فتعمل على تفككها من جهة ويؤدي ثقل الثلوج الى هبوطها من جهة أخرى فتتحول الى مناطق منخفضة ضمن السفوح والتي تكون مركزا لعمليات التعرية والتجوية في تلك المواضع فتعمل على توسعها وتحول بعضها الى تجاويف وحفر عميقة حسب طبيعة تكوينات السفوح وقوة تأثير تلك العمليات، اما الأبنية التي تقام فوق سفوح ضعيفة التحمل تتعرض الى الهبوط فيؤدي الى تشقق الجدران أو الانهيار.

شكل رقم (3 – 28) انواع الهبوط



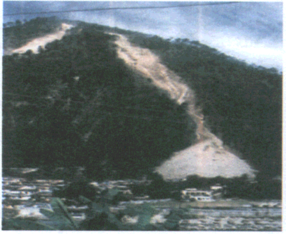
4 – التدفق الطيني Mudflow

تسمى هذه الظاهرة في بعض الأحيان الانهيار السريع وتحدث في السفوح التي تتكون من رواسب طينية هشة ذات سمك كبير وترتكز على طبقات صلبة ، وعندما تتشبع تلك التكوينات بالماء تقلل من تماسكها وتزيد من ثقلها ، حيث تعمل مسا ميتها وتفاديتها على تسرب تلك المياه خلالها ، فتتحرك باتجاه اسفل المنحدر بسرعة لان الماء يقلل من احتكاك الطبقة الطينية بالصخرية التي تحتها ، كما يؤدي تشبع الطين الى تكون مجاري مائية صغيرة سرعان ما تتحول الى كبيرة وسريعة فتعمل على جرف كميات كبيرة من الأطيان نحو الأسفل والتي تزيد بدورها من عمليات الانجراف بتأثير سرعة الجريان واحتكاك المواد المجروفة بقاع وجوانب المجرى، وتكون على اشدها في السفوح الخالية من النبات الطبيعي.[15]

وتعد ظاهرة التدفق الطيني من اخطر العمليات التي تتعرض لها السفوح لانها تنتقل لمسافة طويلة بعيدا عن السفوح التي حدثت فيها ، لذا تؤدي الى تدمير ما يعترضها من عمران ومشاريع ، شكل رقم (3 – 29).

وقد نتج عن العمليات المتكررة التي تعرضت لها بعض السفوح على نطاق واسع تكون الدالات المروحية عند أقدامها والتي تعد من مراكز النشاط البشري رغم تعرض بعضها إلى مخاطر التدفق الطيني.

شكل رقم (3 – 29) التدفق الطيني







5– **الزحف او الحركة البطيئة** Creep

يحدث الزحف او الحركة البطيئة على المنحدرات المعتدلة والبطيئة الانحدار التي تتكون من طبقة سميكة من التربة والمفتتات الكتل الصخرية، وبشكل

واضح في المناطق الرطبة، حيث تتعرض تلك التكوينات الى الزحف نحو الأسفل عندما تتشبع بالماء بعد سقوط الأمطار وذوبان الثلوج ودون تكون مجاري مائية، حيث تفقد التربة والمفتتات قوة تماسكها الداخلية فتخضع لقوة الجذب نحو الأسفل وبشكل بطيء لذا لا تترك أثار كبيرة على تلك السفوح حيث تظهر بعض التشققات فيها كما تظهر الآثار واضحة على بعض الأنشطة البشرية مثل ميل أعمدة الكهرباء او التلغراف او الأشجار او تشقق جدران الأبنية او والاسيجة شكل رقم (3 – 29).[16]

وقد يكون الزحف على شكل كتل صخرية مختلفة الأحجام وتتحرك ببطيء فوق السفوح ولمسافات قصيرة قد تكون من أعلاها الى وسطها او من وسطها الى أسفلها.

وقد تحدث تلك الظاهرة نتيجة لتبادل ظاهرتي التمدد والانكماش لمكونات السفوح والناتجة عن عمليات التجمد والذوبان او الرطوبة والجفاف.

ومن اثار عمليات الزحف أنها تؤدي الى انحناء أنابيب المياه او سكك الحديد او كسرها وانحراف الطرق في الأجزاء التي تتعرض للزحف وميل وتشقق الأبنية فتقلل من كفاءتها.

شكل رقم (3 – 30) زحف مكونات السفوح



6- الانهيار:

يختلف الانهيار عن العمليات السابقة من سقوط وانزلاق وتدفق وزحف وهبوط، حيث تحدث تلك الظاهرة عندما تقوض الطبقات التي ترتكز عليها طبقات سميكة تعلوها فتشكل ثقلا كبيرا، وعندما تصل درجة تحمل تلك الطبقات الى ادنى مستوى تنهار الكتلة العليا مندفعة الى الامام، اما اذا كانت الكتلة المتأكلة السفلية على نطاق كبير كما يحدث في الشواطيء البحرية فان عملية الانهيار تكون نحو الاسفل، شكل رقم (3 – 30) يبين الانهيار الذي حدث في مصر.

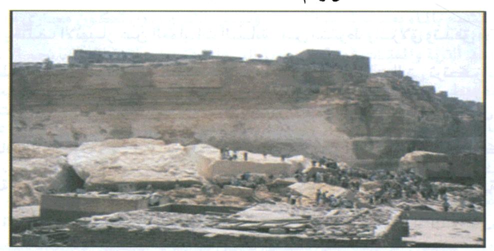
ومن الاسباب الكامنة وراء الانهيارات هي:

أ. عمليات التعرية التي تتعرض لها ضفاف الاودية المرتفعة، عندما تتركز التعرية المائية في اسفل تلك الضفة فتعمل على تقويض الطبقات السفلى على نطاق واسع فتنهار الطبقات التي تعلوها.

ب. تعرض السواحل الجرفية المرتفعة الى عمليات التعرية بواسطة الامواج فتتركز في الجزء السفلي من الجرف فتعمل على تقويضه ايضا حتى تنهار الكتلة التي تعلوها.

ج. تسرب المياه في الطبقات الصخرية عند الحافات الجبلية وخاصة التي توجد فوقها ابنية تشكل ثقلا عليها، حيث تعمل المياه المتسربة على تأكل الجزء السفلي من تلك الصخور، ويستمر ذلك حتى تضعف مقامة الصخور التي تعلوها فتنهار.

شكل رقم (3 – 31) يبين الانهيار



7- الانهيال:

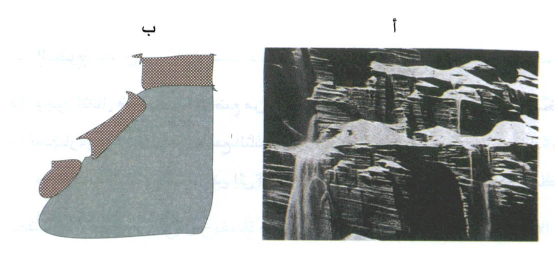
تحدث هذه الظاهرة في السفوح الرملية الشديدة الانحدار، حيث تتحرك الرمال من أعلى المنحدر الى أسفله وكأنها ماء جاري وفي السفوح الجرفية تكون كالشلال، شكل رقم (3 – 32 أ)

ونظرا لضعف تماسك الرمل لذا تتعرض مثل تلك السفوح الى عمليات تجوية وتعرية اكثر من غيرها، وتشهد السفوح الرملية عمليات انهيال واسعة عند تقويض الأجزاء السفلى منها، وعليه تشهد تراجعا كبيرا خاصة وان الرمال التي تتحرك من الأعلى نحو الأسفل لا تستقر في مكانها لصغر حجمها وخفة وزنها لذا تحملها الرياح الى أماكن أخرى، عدا الخشنة والتي تشكل نسبة قليلة تبقى في مكانها.

وتسود هذه الظاهرة في المدرجات النهرية المرتفعة التي كانت مجاري سابقة للأنهار فتحدث ظاهرة الترسيب المتدرج، أي الرواسب الحصوية الخشنة في الأسفل تليها الرملية ثم الغرينية والطينية، وقد استغل الإنسان الحصى والرمل في مجالات عدة لهذا بدأ البحث عنها بإزالة التكوينات التي تغطيها، ونظرا لارتفاع سمك بعض طبقات الرمل والحصى لذا ظهرت على شكل مقاطع رأسية مرتفعة وهذا ساعد على سهولة

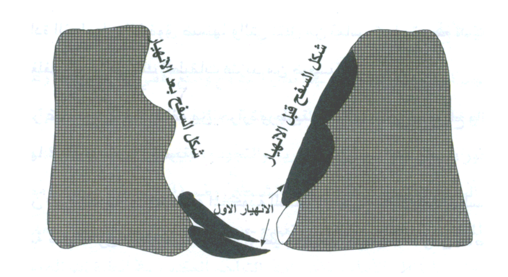
انهيال الرمال ومن ثم انهيار الطبقات الطينية والغرينية التي تعلوها على شكل انزلاق او سقوط حر اذا كانت السفوح جرفيه الشكل شكل رقم (3 – 32 ب).

شكل رقم (3 – 32) الانهيال الرملي



يتضح مما تقدم ان تعرض السفوح الى المليات المتنوعة من سقوط وانزلاق وهبوط يترتب عليه تغير شكل تلك السفوح، فقد تتحول من محدبة الى مقعرة او من منتظمة الى غير منتظمة او بالعكس، شكل رقم (3 – 33)

شكل رقم (3 – 33) تغير شكل السفوح



المبحث السادس – أسباب تعرض المنحدرات او السفوح الى العمليات الجيومورفولوجية.

1) تأكل المنحدرات لاسباب متنوعة كالتعرية المائية او الثلجية او حدوث انهيارات سابقة او أعمال هندسية او أي نشاط يترتب عليه تأكل او قطع أجزاء من السفوح.

2) وجود أثقال فوق بعض المواضع من السفوح مثل إقامة أبنية او تجمع كتل صخرية منهارة من الأعلى او تجمع الثلوج ومياه الأمطار، والتي تؤدي الى زيادة وزن مكونات السفوح فتتعرض الى الحركة من موضعها متخذة إحدى أشكال الحركة المارة الذكر.

3) ارتفاع نسبة المياه في الطبقات والتكوينات السطحية وتحت السطحية والتي تعمل على أضعاف تماسك تلك التكوينات فينتج عن ذلك انفصال وانزلاق أجزاء منها او كتل كبيرة تتحرك نحو الأسفل.

4) التعرض الى هزات أرضية بعضها ناتج عن تفجيرات تستخدم في قلع صخور بعض المواضع لغرض استغلال السفوح او الصخور، فينتج عن ذلك تفكك الصخور وزيادة الفواصل والشقوق ضمنها والتي تقلل من تماسكها وتسمح للمياه و الثلوج بالتغلغل الى داخل تلك الطبقات فتزيد من ضعف تماسكها.[17]

5) تأثير عناصر المناخ المختلفة من حرارة ورطوبة وتساقط بأنواعه ورياح والتي يترتب عليها عمليات تعرية وتجوية.

6) تباين بنية الطبقات الصخرية المكونة للسفوح رأسيا، ففي بعض السفوح تمتد طبقة صلبة فوق طبقة هشة رملية أو طينية تسهل عملية الانزلاق خاصة عندما تكون رطبة.

7) احتواء الطبقات الصخرية على تراكيب ثانوية كالفواصل والشقوق والطيات والانكسارات التي تسهم في تنشيط عمليات التعرية والتجوية، وما يترتب عليها من تطورات مثل تحول بعض المعادن الأصلية الى معادن طينية لها القابلية على امتصاص الماء والانتفاخ مثل المنتمورولنايت، فتتحول الى مادة صابونية تزيد من سرعة حركة الكتل الصخرية فوقها عند سقوط الأمطار، حيث تؤدي الى حدوث انزلا قات مفاجأة ومدمرة.

8) قلة الغطاء النباتي على السفوح يقلل من تماسك مكوناتها لذا تتعرض السفوح الجرداء الى عمليات تعرية وتجوية على نطاق أوسع.

9) الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية المكونة للسفوح ونوع مكوناتها، اذ تختلف مكونات السفوح من مكان لاخر وحتى في السفح الواحد تختلف العليا عن السفلى فينتج عن ذلك تركز العمليات الجيومورفولوجية في مواضع معينة من السفوح اكثر من غيرها، اي تتركز في التكوينات الضعيفة التماسك، وعلى العموم تتخذ الطبقات والكتل الصخرية في السفوح أوضاعا وأشكالا مختلفة منها ما يأتي:

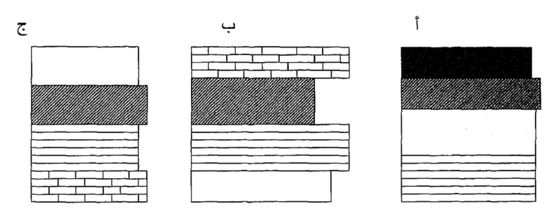
أ – الامتداد الأفقي:

تتخذ الطبقات الصخرية في بعض السفوح وضع أفقي في امتدادها رغم تباين سمكها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، والتي تعبر عن مدى صلابة وضعف تلك الصخور واستجابتها لعمليات التعرية والتجوية، ويمكن ملاحظة ذلك بشكل واضح في السفوح المقطوعة كما في الشكل رقم (3 – 34 أ)، ويظهر مكشف الطبقات المتباينة الصلابة بشكل متعرج حيث تتراجع الطبقات الضعيفة وتتقدم الصلبة بشكل بارز الى الأمام، وقد يؤدي التراجع الكبير في الطبقات الضعيفة الى

انهيار الصلبة التي تعلوها خاصة اذا كانت قليلة السمك ويصل امتدادها الحر الى الأمام اكثر من متر لزوال قاعدة ارتكازها المتمثلة بالطبقة التي تحتها ، وتزداد في الطبقات التي تتضمن فواصل وشقوق كثيرة شكل رقم (3 – 34 ب).

وقد تكون الطبقات الصخرية في بعض السفوح قليلة التباين في خصائصها ، أي تكون متقاربة في الصلابة او في الضعف ألا انه يوجد تباين في السمك لذا تكون مكاشف تلك الطبقات قليلة التعرج، حيث تكون استجابة الطبقات الصلبة لعمليات التعرية والتجوية قليلة ، اما الطبقات الضعيفة فتتراجع بدرجات متقاربة أيضا لذا تتخذ أشكال متقاربة ، شكل رقم (3 – 34 ج).

شكل رقم (3 – 34) امتداد الطبقات الصخرية الأفقي واثر العمليات فيها

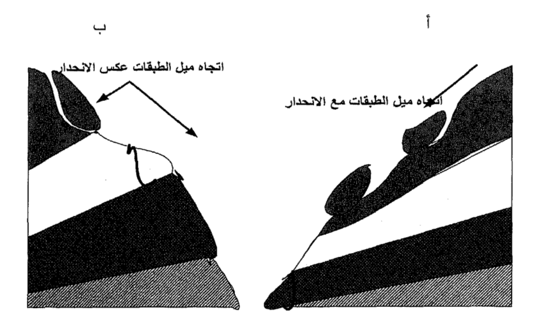


ب – امتداد الطبقات الصخرية الأصلية بشكل مائل باتجاه الانحدار:

تمتد الطبقات الصخرية في بعض السفوح بشكل مائل باتجاه الانحدار وهذا ما يجعلها اكثر خطورة من النوع السابق حيث يساعد الميل على تحرك الكتل المنفصلة من الطبقات الأصلية نحو الأسفل وتزداد سرعة الحركة مع زيادة درجة الميل، لذا تشهد مثل تلك السفوح عمليات انزلاق وهبوط وسقوط اكثر من غيرها وخاصة في المناطق الرطبة ، وقد تسهم عمليات قطع أجزاء من السفوح في تنشيط تلك العمليات ، شكل رقم (3 – 35 أ).

شكل رقم (3 – 35) ميل الطبقات

ب أ



ج– امتداد الطبقات الصخرية الأصلية باتجاه معاكس لميل المنحدر:

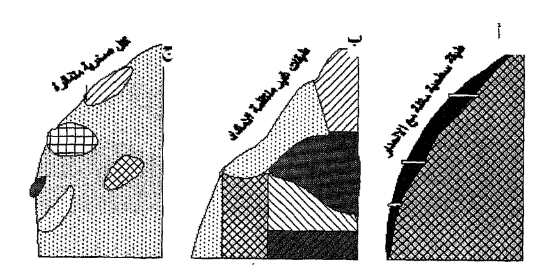
تتخذ بعض الطبقات الصخرية وضعا مختلفا عما مر ذكره حيث تميل الطبقات الصخرية بعكس ميل المنحدر، ومن المظاهر التي تتضمن ذلك والكويستات اذ تكون شديدة الانحدار باتجاه المنحدر الاان ميل الطبقات الصخرية الى الوراء ببطيء، شكل رقم (3 – 35 ب)، وتعد تلك السفوح اقل خطورة من الأنواع السابقة بسبب عدم تحرك الكتل الصخرية المنفصلة من الطبقات الى الاسفل بسرعة لميل الطبقات بشكل معاكس لذا يكون تأثير الجاذبية محدودا.

د – امتداد الطبقة الصخرية السطحية باتجاه الانحدار:

تغطي بعض السفوح طبقة صخرية غير سميكة لذا تتأثر بالمؤثرات الخارجية مثل عناصر المناخ فتعمل على تفككها وتشققها فينتج عن ذلك انزلاق كتل منها نحو اسفل تلك السفوح، وتزداد عمليات انزلاق تلك الكتل عندما يكون السطح

الذي تتحرك فوقه أملس، أو عند إزالة الأجزاء السفلى من تلك الطبقة، شكل رقم (3 – 36أ).

شكل رقم (3 – 36) أوضاع متباينة للطبقات والكتل الصخرية



هـ- طبقات صخرية غير منتظمة البنية:

تظهر بعض الطبقات الصخرية بشكل غير منتظم في بعض السفوح أوفي أجزاء منها، حيث يتخذ بعضها وضع أفقي وأخرى شكل مائل او التوائي وذلك لتأثرها بالحركات الأرضية والالتوائية عبر الأزمنة المختلفة، شكل رقم (3 – 36ب)، وقد لاتكن بشكل واضح في السفوح الاعتيادية الأبعد قطع أجزاء منها فتظهر بنية الطبقات، وتعد مثل تلك السفوح غير مستقرة وتتعرض الى عمليات ذات اثار سيئة على المشاريع التي تقام فوقها او أسفلها.

و - كتل صخرية غير طبقية:

تتكون بعض السفوح من تكوينات هشة تتضمن كتل صخرية بأحجام واوضاع مختلفة، والتي تظهر واضحة في بعض السفوح وغير واضحة في سفوح أخرى الأبعد إزالة الطبقات السطحية التي تغطيها، وتكون تلك الكتل قابلة للسقوط او

الانـزلاق لعـدم تماسـك مكونـات السـفوح الـتي تتضـمنها وعـدم ارتبـاط تلـك الكتـل بطبقـات، لـذا تعـد مصـدر خطـر علـى المنشـآت الـتي تقـام فـوق او اسـفل مثـل تلـك السفوح، شـكل رقـم (3 – 36 ج).

المبحث السابع – أساليب الحد من مخاطر العـمليات التي تتعرض لها السفوح:

أولاً – الاجراءات الموضعية

1) تقليـل كميـة الرطوبـة في تربـة وتكوينـات المنحـدرات المختلفـة بواسـطة حفـر خنـادق كونكريتيـة او مـد أنابيـب لنقـل الميـاه مـن أعلـى السـفوح الى أسـفلها او حفر أبار عميقة لتجميـع الميـاه وضـخها بعيـدا عـن السـفوح، او مـن خـلال تغطيـة تلـك السـفوح بمـواد غيرنفيـذة كالأسمنـت او الإسـفلت او أي مـادة كيميائيـة تزيد من تماسك المواد المفككة السطحية فتقلل من مسا ميتها و تسـرب الميـاه الى داخل تكوينات السفوح.

2) إقامـة جـدران سـاندة اسـفل السـفوح لحمايـة المنشـآت والمشـاريع المقامـة في تلـك المنـاطق للحيلولـة دون وصـول الكتـل الصـخرية المتحركـة مـن الأعلـى اليهـا ، ويتوقف ذلك على على طبيعة المنحدر وربما لا يسـمح وضعه الطبيعـي مـن حيـث التكوينات وشدة الانحدار بذلك.

3) تسـوية او تعـديل المنحـدرات لتقليـل درجـة انحـدارها مـن خـلال قشـط المنـاطق المرتفعـة او المحدبـة ودفـن المنـاطق المنخفضـة ، او عمـل مصـاطب صـخرية علـى شـكل مـدرجات تسـتقر عليهـا الكتـل الصـخرية والمـواد المتحركـة مـن الأعلـى وتكـون علـى مستويات ومسافات تحقق الغـرض المطلـوب، وفي مثل هـذه الحالـة يجـب تنظـيم تصـريف الميـاه عـبر كـل مسـطبة لمنـع مـا يترتـب عليهـا مـن تعريـة وتجوية والمشاكل المترتبة على ذلك.

4) عمل أسلاك شائكة ومشبكة وحسب طبيعة المنحدر من حيث الشدة والتكوين، ففي بعض السفوح تكون خط واحد من تلك الأسلاك لحجز الكتل المتحركة فوق السفوح ومنع وصولها الى الأسفل، وفي حالة استخدام الأسلاك الشائكة تكون المسافة بين خط واخر رأسيا لاتزيد عن 20 سم، وقد تقتضي الحاجة الى إنشاء اكثر من خط وعلى مسافات متباعدة، أي تكون مثلا في وسط المنحدر واسفله، وفي بعض الأحيان يتم مد خطين متوازيين من الأسلاك المشبكة وعلى مسافة لاتزيد عن نصف متر وتثبت بقضبان حديدية او جدران كونكريتية ويملأ وسطهما بالصخور او الجلاميد فتكون اكثر ثباتا من الأنواع السابقة.

5) استخدام مسامير حديدية ضخمة لتثبيت الكتل الصخرية الضعيفة الاستقرار في أعلى السفوح ومنع سقوطها وخاصة في المناطق التي يوجد في سفل تلك الكتل أنشطة بشرية.

6) تغطية السفوح الشديدة الانحدار وذات تكوينات غير متماسكة بأسلاك مشبكة لحماية ما تحتها من أنشطة مثل طريق او سكة حديد، وتحتاج الى هذه العملية السفوح التي يتم قطعها لاقامة نشاط معين، وقد استخدم هذا الأسلوب في الأردن لحماية جزء من طريق عمان اربد الذي يمر اسفل سفوح مقطوعة ضعيفة التماسك.

7) إزالة بعض الأحمال او الأوزان من فوق السفوح غير المستقرة مثل الكتل الصخرية التي تجمعت فوقها او الثلوج المتجمعة او إزالة أبنية في حالة وجود مخاطر عليها.

8) تثبيت أوتاد حديدية او خشبية في السفوح المعتدلة والبطيئة وذات تكوينات ضعيفة التماسك و يحتمل تحركها.

9) غرس أشجار في السفوح الهشة وضعيفة التماسك والتي تعمل جذورها على تثبيت مكونات تلك السفوح والحد من تحركها ، فضلا عن الحد من التعرية المائية.

10) عمل حواجز من الصخور المتوفرة على السفوح التي تتعرض الى عمليات الانزلاق والهبوط وبشكل يتعامد على اتجاه الانحدار وفي المواضع المستقرة من تلك السفوح، ويمكن عمل اكثر من حاجز اذا تطلب الأمر ذلك.

ثانياً – الاجراءات الآولية لمواجهة مخاطر المنحدرات:

1 – إجراءات عند تعرض المنحدرات الى العواصف المطرية الشديدة:

تعد العواصف المطرية الشديدة من العوامل الأساسية التي تسبب حدوث عمليات على المنحدرات، لذا يجب على الإنسان الساكن قرب المنحدرات ان يتخذ التدابير الآتية:

أ. اليقضة والحذر، كثيرا ما تحدث التدفقات الطينية اوعمليات الانهيار والانزلاق عندما يكون الناس نائمين مما يزيد من الخسائر المادية والبشرية، وعليه يجب اتخاذ الحيطة والحذر ويكون السكان في حالة انذار، و الاستماع الى راديو الطقس اوالإذاعة او التلفزيون التي تبث تحذيرات من هطول الأمطار بكثافة، وكثيرا ما تحدث المشاكل بعد ستمرار تساقط الامطار لفترة طويلة وبكميات غزيرة.

ب. اذا كانت المناطق معرضه لانهيارات أرضية وتدفقات طينية سابقا فيجب ترك المنطقة بأمان قبل وقوع الخطر، وان عملية الإخلاء أثناء عاصفة كثيفة

ستكون خطرة جدا ، واذا قررت الأسرة البقاء في المنزل فيجب التجمع في ألاماكن الأكثر أمانا.

ج. عند سماع اي أصوات غير عادية قد تدل على تحرك الصخور او الحطام اوقلع الأشجار او تصدع صخور واحتكاكها ببعضها ، وعادة تدفق الطين اوهبوط الصخور يتبعه انهيارات ارضيه كبيرة ، ويمكن ان يتحرك التدفق الطيني والصخور بسرعة ، وأحيانا دون سابق إنذار.

د. اذا كان الشخص قرب نهر أو قناة ، فيجب الانتباه لاي زيادة او انخفاض مفاجئ في تدفق المياه ، او تغيرل واضح في نوع الماء من صافي الى عكر ، هذه التغييرات قد تبين حدوث نشاط ارضي تمهيدي ، ليكون الشخص على استعداد للتحرك بسرعة ، وعدم التأخر في انقاذ نفسه ، وان لا يحمل المزيد من الأمتعة لأنها تعرقل سرعة الانقاذ.

ه. الانتباه عند السير الى الحواجز التي قد تحدث على الطرق التي يسلكها الشخص ، لتعرضها الى للانهيارات الارضيه ، والانتباه الى اتجاهات المجاري والمسيلات المائية على المنحدرات ، والتي تحمل دلالات تبين اتجاهات التدفق او الانهيار او الانزلاق الذي يحدث في تلك المنحدرات او السفوح.

2 – إجراءات عند الاشتباه بحدوث انهيار وشيك:

أ. الاتصال بالقيادات المحلية او الدفاع المدني أو الشرطة ، او أي جهة قادرة على تقييم الخطر المحتمل ، وتوجيه التحذيرات من تلك المخاطر.

ب. تبليغ الجيران بالخطر المحتمل ، ربما لا يكونو مدركين للمخاطر المحتملة ، ان علمها باي تهديد محتمل قد يساعد على انقاذ الأرواح ، فضلا عن مساعدة الجيران الذين يحتاجون المساعدة لغرض الابتعاد عن مواقع الخطر.

ج. عند عملية الإخلاء يجب تجنب الطرق التي تتعرض الى حدوث انهيار أرضى او تدفق طيني، وذلك لتخلص من المخاطر والابتعاد عن اماكن حدوثها.

3 – إجراءات عـند حدوث الانهيارات والتدفقات على المنحدرات:

أ – سرعة الخروج من الطرق او الامكان التي تتعرض الى انهيارات ارضيه او تدفق طيني، والابتعاد عن اتجاهات التدفق الى منطقة مستقرة بعيدا عن الخطر.
ب – اذا لم يتمكن الإنسان من مغادرة المواضع التي تعرضت الى الانهيارات والتدفقات فعليه ان يتخذ بعض الإجراءات التي تحافظ على حياته وحسب الامكانات المتاحة.

4 – إجراءات بعد حدوث الانهيار الأرضي او التدفق الطيني:

أ. الابتعاد عن منطقة الانهيار او الهبوط، وقد يكون هناك خطر من عمليات انهيار او سقوط او زحف لاحقة تتعرض لها نفس المنطقة.

ب. الكشف عن المصابين والمحاصرين من الأشخاص قرب الانزلاق، دون الدخول المباشر الى منطقة الانزلاق، ويمكن ترك المهمة الى عمال الإنقاذ ان تواجدو في مكان الحادث، واذا ما أراد شخص مساعدة المصابين والمحاصرين فيجب ان يكون حذرا من تحريك أي شيء صخرة او خشبة ترتكز عليها المواد المتدفقة فيعرض نفسه هو الأخر الى الخطر.

ج. مساعدة الجيران الذين قد يحتاجون الى مساعدة، خاصة الأطفال والمسنين والمعوقين، هؤلاء يحتاجون الى مساعدة أضافية، وكذلك الأسر الكبيرة قد تحتاج الى المساعدة في حالات الطوارئ.

د. الاستماع الى الإذاعات المحلية او المحطات التلفزيونية للتعرف على اخر المعلومات المتعلقة بالطوارئ.

ه. رصد الفيضانات التي قد تحدث بعد انهيار التربة او التدفق الطيني، فقد تحدث فيضانات وانهيارات أرضية أحيانا بشكل متتابع.

و. اخبار السلطات عن انقطاع خطوط الكهرباء وكسر انابيب شبكة الغاز او المياه او الصرف الصحي، وعن مواقع الخلل والمخاطر المحتملة اذا ما تم معالجة الخلل بأسرع وقت.

ز. منع بناء المؤسسات فوق الأرض المحيطة بالمنطقة المتضررة، كما يجب منع الاستقرار في الاماكن الخطرة التي تتعرض الى مشاكل مستقبلا.

ح. العمل على تثبيت السفوح غير المستقرة او الخطرة من خلال زرعها باشجار سريعة النمو، لتجنب الاخطار اللاحقة.

ط. الاستعانة بمشورة الخبراء الجيوتقنين لتقييم مخاطر الانهيارات الارضية، واستخدام تقنيات فعالة للحد من خطر الانهيارات الارضيه، او مراقبة ما يحدث من مشاكل اولية باستخدام تقنيات الجيوماتكس.[18]

ثالثاً – استخدام التقنيات الحديثة في مراقبة المشاكل التي تحدث على المنحدرات

1 – الاستشعار عن بعد:

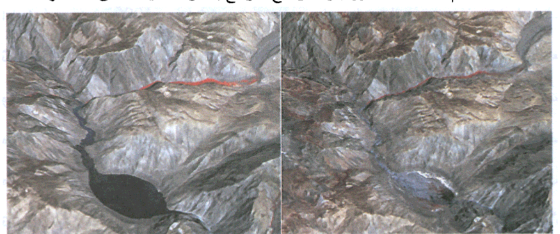
تعد تقنيات الاستشعار عن بعد من الوسائل التي يستفاد منها في دراسة المنحدرات والتعرف على ما يحدث من عمليات عليها، حيث يمكن استخلاص معلومات عن أسباب وقوع انهيار أرضى، والاهم من ذلك انها تساعد كثيرا في التنبؤ مستقبلا بما يمكن ان يحدث على تلك المنحدرات من عمليات، وهو امر هام جدا للذين يعيشون في مناطق تعلوها منحدرات غير مستقرة، وقد تستخدم انواع الصور الجوية والفضائية لهذا الغرض، وقد يتم الاستفادة من المعلومات التي توفرها تلك الصور في دراسة وتحليل المنحدرات على ثلاثة مراحل هي:

أ. كشف وتصنيف

ب. رصد نشاط الانهيارات الارضيه الموجودة على المنحدرات

ج. التحليل والتنبؤ بعمليات الانهيار والتدفق الطيني التي تحدث على المنحدر، والتوزيع المكاني والزماني لتلك العمليات، الشكل رقم (3 – 37) صور جوية توضح مواقع بعض العمليات على المنحدرات.[19]

شكل رقم (3 – 37) صور جوية توضح مواقع بعض العمليات على المنحدرات



2 – **نظام تحديد المواقع العالمي** GPS:

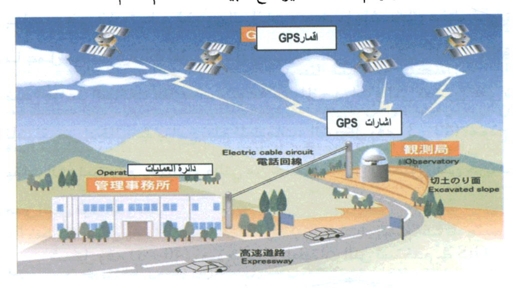
ان أول استخدام لنظام المواقع العالمي في هذا المجال كان في محافظة كوشي Kochi التي تعاني من كثرة الأمطار والسيول وما يترتب عليها من مشاكل خلال موسم الأعاصير.

ففي ايلول / سبتمبر 1998 تعرض الطريق السريع في تلك المحافظة الى امطار غزيرة لم يسبق لها مثيل وصلت الى 117 ملم في الساعة، واستمرار سقوط الأمطار الى ان بلغ 951 ملم، ويمر الطريق عبر منطقة جبلية شديدة الانحدار، حيث توجد العديد من المنحدرات العالية والطويلة التي لا تتطلب الكثير من العمل والوقت

للتأكد من سلامة الطريق المار عبرها من الانهيارات والانزلاقات والتدفق الطيني خلال الأمطار الغزيرة، والتي يمكن ان تسبب كارثه كبرى اذا ما حدثت، وقد تبين بعد تلك السيول ان بعض المنحدرات مشوهة وغير مستقرة واحتمال حدوث مشاكل عليها فتحدث انزلاقات او زحف او تدفق طيني وغيرها. ، لذا تقرر بشكل عاجل وضع المنحدرات تحت نظام إدارة ومراقبة قادر على كشف المخاطر بسرعة، مثل خطر الهبوط او الانهيار بسبب السيول والزلازل، وفي ايلول / سبتمبر 1999 بدأ نظام رصد المنحدرات بشكل مستمر باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS، الشكل رقم (3 – 38) يوضح طبيعة استخدام النظام، وقد تم تركيز عمليات المراقبة على المواضع الأكثر خطورة، حيث توجد خمسة مواضع لمنحدرات كبيرة وخطيرة على طول طريق كوشي السريع، وهذا النظام مصمم لعرض معلومات عن تحرك المنحدرات على شاشات المركبات في مكتب تشغيل، وإرسال رسائل عبر الهاتف المحمول الى الموظفين المسئولين عن حالات الطوارئ.

وتوجد دراسات تتضمن تحليل التقلبات اليومية والموسمية اعتمادا على البيانات التي تم الحصول عليها من هذا النظام، وستواصل تحسين دقة النظام، وتتيح استخدامه كوسيلة للتنبؤ بالكوارث ونتائج فحص المنحدر. ويتم جمع البيانات باستخدام مرصد كبير يوضع فوق المنحدرات الكبيرة، مع مرصد ثابت أسفل المنحدر، الشكل رقم (3 – 39) مواقع المراصد فوق وأسفل المنحدر.[20]

شكل رقم (3 – 38) يوضح طبيعة استخدام نظامGPS



شكل رقم (3 – 39) مواقع المراصد فوق وأسفل المنحدر

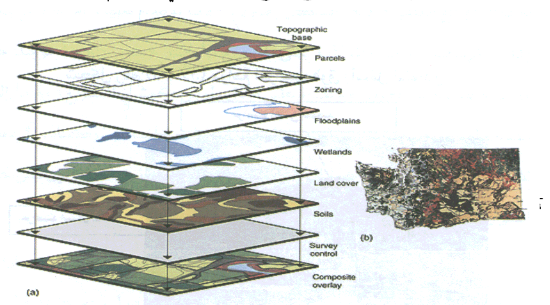


3 – استخدام نظم المعلومات الجغرافية:

تستخدم نظم المعلومات الجغرافية في تحليل العمليات التي تحدث على المنحدرات والتنبوء بها ، حيث يتطلب ذلك قاعدة بيانات واسعة للتحليل والتنبؤ بهبوط المنحدر ، وتعد برامجيات نظم المعلومات الجغرافية افضل وسيلة لمثل تلك الدراسات المتعلقة بحدوث انهيارات ارضية وتدفقات طينية ، لأنها قادرة على معالجة كميات

ضخمة من البيانات تخص الماضي والحاضر والمستقبل ودمج هذه البيانات لغرض التنبؤات، وهي قادرة على تخزين البيانات وعرضها بأشكال مختلفة، ويمكن أيضا عمل قواعد بيانات اقليمية تؤدي عملها على الصعيدين المحلي والإقليمي. وتتضمن قواعد البيانات معلومات متنوعة عن المنحدرات والتي تكون على شكل طبقات لغرض إدخالها في برامج نظم المعلومات، الشكل رقم (3 – 40) نموذج لأنواع الطبقات التي تستخدم في GIS، والتي من خلالها يمكن الحصول على خريطة تمثل المنحدر الذي قيد الدراسة.

شكل رقم (3 – 40) نموذج لأنواع الطبقات التي تستخدم في GIS



ان معظم الانهيارات الارضيه المحتملة تعد نماذج تدل على عدم استقرار المنحدرات، وتسهم في ذلك عدة عناصر مثل تآكل شديد، قلة الغطاء النباتي، نوع التربة، شدة الانحدار، وغيرها من العناصر التي مر ذكرها.

وقاعدة البيانات المتاحة مرتبة حسب الاهميه بكل من الوضع الطوبوغرافي، وبيانات بيئية، والغطاء النباتي، والوضع الهيدرولوجي، وبيانات مناخية، وتاريخية، وثقافية.[21]

المبحث الثامن – تقييم الأضرار الناتجة عن البناء فوق أرض المنحدرات الضعيفة:

ان ارض المنحدر الضعيفة التماسك تؤدي الى انهياره وما عليه من أبنية ، ويمكن ان تؤثر فيها عوامل طبيعية مثل وقوع زلزال بالقرب منها ، واذا كانت هناك بعض المباني فوق هذه المواضع يمكن ان تتعرض الى أضرار بالغة وخاصة الواقعة فوق أرض ضعيفة التماسك والتحمل.

وسيتم في هذا المجال استخدام بعض الطرق لتقييم الأضرار الناتجة عن البناء فوق المنحدرات الضعيفة ، ومن خلال تناول تجارب بعض الدول في هذا المجال، وكما يأتي:

أولاً – الحد من الكوارث الكبرى في مدينة طوكيو اليابانية (1991، 1997)

1 – المدخلات والمخرجات:

وتعتمد على شروط مسبقة منها :

- بيانات عن عدد الابنية وتوزيعها بالقرب من المنحدرات.
- تحديد المواضع الخطرة الشديدة الانحدار على المنحدرات.
- تقييم ذروة التسارع الارضي

أ – البيانات المدخلة:

1 – عدد المباني القريبة من المنحدرات

2 – قمة التسارع الأرضي

ب – البيانات المخرجة:

عدد المباني المتضررة بسبب انهيار المنحدر

2- الخطوات الاساسية لطريقة التقييم:

تستخدم هذه الطريقة لتقييم مخاطر تحدث على السفوح الشديد الانحدار في اليابان، تم اختيارها على أساس المعايير الآتية:

أ. ارتفاع المنحدر: أكثر من 5 أمتار

ب. ميل المنحدر: أكثر من 30 درجة

ج. عدد المباني في مواضع تتعرض فيه الى انهيار المنحدر: أكثر من 5 منازل او أكثر من المباني العامة.

وقد قام مركز وقاية مدينة طوكيو من الكوارث (1991) بوضع الافتراضات التالية لتقييم الأضرار:

أ. يبدأ الانهيار حتى من أعلى المنحدر.

ب. انهيار الأرض والرمال تصل الى المسافة التي تساوي ارتفاع المنحدر.

ج. انهيارات من ارتفاع يساوي نصف ارتفاع المنحدر.

د. منطقة انهيار المنحدر تتضمن متغيرات تشكل معادلة على النحو التالي:

$$A_f = W_f \times H_f \times R_f$$
$$= C_f \times H_f \times 1/2$$

A_f : منطقة انهيار المنحدر

W_f : عرض المنحدر

H_f : أعلى منحدر

R_f : نسبة المساحة المنهارة

C_f : عرض المنحدر المنهار

$$\therefore C_f = W_f \times R_f \times 2$$

تعني نسبة المساحة المنهارة معدل المساحة المنهارة من مجموع مساحة المنحدر.

عدد المباني المتضررة هو على اساس توزيع المباني في نطاق يعاني من مشاكل انهيار المنحدر، ويفترض أن يكون منظما.

$$N_d = (A_f / W_f)N_0$$
$$= 2 \times N_0 \times R_f$$

N_d : عدد المباني المتضررة

N_0 : عدد المباني التي في نطاق تعاني فيه من انهيار المنحدر

ان نسبة المنطقة المنهارة من مساحة الأرض تكون واضحة عندما تصل ذروة التسارع الى ga300 1، هذه تعطي قيمة تساوي 1.2 ٪ ، والقيمة تستند على التحقيق او التحري في انهيار منحدر كاوازو – شو في مقاطعة شيزوكا، الذي حدث عام 1978 على اثر زلزال – ووشيما – كينكاي.

لذا فإن عدد المباني المتضررة في منطقة ذروة تسارعها الارضي هو gal300 يحصل عليها من العلاقة الآتية. $N_d = 4.2N_0$

(لحالة عندما تكون ذروة تسارع الأرض 300 غال)

ونسبة الأبنية المتضررة في المنطقة تقل عندما ذروة تسارع الأرض تكون اقل من 300 غال، ويمكن ملاحظة ذلك في الجدول رقم (3 – 2) الذي يوضح العلاقة بين التسارع الارضي ونسبة الانهيار ونسبة أضرار الأبنية ما بين سنتي 1985 – 1998، وهو من نتائج تقرير الوقاية من الكوارث في العاصمة طوكيو (1997 اعده مجلس الكوارث في العاصمة طوكيو)، وتم الحصول عليه باستخدام نسبة انهيار المنحدر الذي يستند على التحري عن المنحدرات التي انهارت بسبب الزلازل الأربعة الماضية بواسطة هيئة الحريق والتأمين البحري اليابانية عام 1994

جدول رقم (3 – 2) يوضح العلاقة بين تسارع الأرض ونسبة اضرار الأبنية مابين عامي 85 – 98 بسبب انهيار المنحدر

تسريع	50 – 100 غال	100 – 200 غال	> 200 غال
نسبة انهيار المنحدر	٪ 3	٪ 11	٪ 29
نسبة أضرار المباني	٪ 4.0	٪ 5.1	٪ 0.4

تطبق هذه الطريقة تقتصر على منطقة قريبة من منطقة الخطر على المنحدر الشديد الانحدار، كالذي اختارته الحكومة المحلية في اليابان.

ثانياً – مكتب ولاية شيزووكا (1993)

Shizuoka Prefecture Office (1993

1 – المدخلات/المخرجات:

هنالك شروط مسبقة منها:

- وفير بيانات عن توزيع المباني في التلال
- تقييم الأضرار التي يسببها بناء فوق أرض مقترحة.

أ – بيانات مدخلة:

1. عدد المباني على الأرض المبنية والتي خصصت كقطع سكنيه في مناطق التلال
2. متوسطة نسبة ضرر المباني بسبب اقتراح الأرض بواسطة دراسات المنطقة

ب – بيانات مخرجة: عدد المباني المتضررة بسبب هبوط الأرض التي خصصت كقطع سكنيه في مناطق التلال

– الخطوات الاساسية لطريقة التقييم:

جمعية تقدير الحرائق والتأمين البحري اليابانية (1992) حققت في الضرر الذي لحق بالأراضي المبنية بسبب الزلازل التي حدثت، وتشير الجمعية ان نسبة الأضرار في مباني الأرض ذات الكثافة العالية التي تم تخطيطها كقطع سكنيه في مناطق التلال وصل الى 4، 65 أضعاف الأرض الاقل كثافة، والتقييم تم على أساس هذه النسبة على النحو التالي:

1. فهم لتوزيع الأرض المستغلة بالكامل ولقطع سكنية تم اختيارها فى مناطق التلال، والتي تصل الى اكثر من 10 هكتارا
2. إحصاء عدد من المباني في منطقة 1
3. حساب متوسط نسبة ضرر الأبنية فوق الأرض الهابطة المقترحة في مجال 1
4. حساب عدد المباني المتضررة بسبب هبوط الأرض في المواضع المستغلة والمطورة للسكن في مناطق التلال، وعلى النحو التالي:

$$R_f = 4.65R_g$$
$$N_d = M.R_f$$

R_f : نسبة الأضرار في الأبنية المقامة فوق الأرض المستغلة والمصممة كقطع سكنيه في مناطق التلال.

R_g : متوسط نسبة الضرر في المباني الأرضية المقترحة في مجال 1

M: عدد المباني الموجودة على الأرض المستغلة والمخططة كقطع سكنيه في مناطق التلال

N_d : عدد المباني المتضررة في الاماكن المستغلة والمصممة كقطع سكنيه في مناطق التلال

R_f يشمل متوسط نسبة الأبنية المنهارة المتعلقة بالأرض المقترحة، لذا تكون نسبة الأبنية المنهارة وفق الصيغة الاتية:

$$3.65R_g = (4.65R_g - R_g)$$

ملاحظة: تستخدم هذه الطريقة الوحيدة لتقييم الأبنية الخشبية، كما تطبق الطريقة لتقييم أضرار المباني من أنواع الهياكل الأخرى.[22]

المبحث التاسع – دراسة تطبيقية ميدانية على منحدرات بعض المظاهر الجيومورفولوجية

يعد استعراض الجوانب الاساسية للدراسات الميدانية في الفصول والفقرات السابقة لابد من أجراء دراسة تطبيقية ميدانية على بعض المظاهر الجيومورفولوجية لتكون مثالا للتطبيق على المظاهر الأخرى التي تتضمن عناصر مشابهة، ومنها مايأتي:

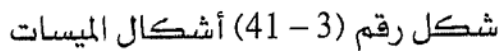
أولاً – الميسات

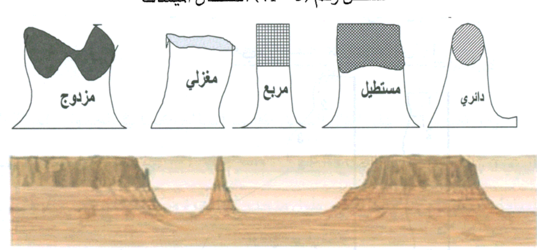
تعد الميسات من المظاهر الواسعة الانتشار وتتضمن الكثير من العناصر التي توجد في المظاهر الأخرى، لذا يمكن الاستفادة من الدراسة التطبيقية الميدانية الوصفية المورفومترية والتفسيرية لتلك الظاهرة في دراسة معظم مظاهر السطح.

وتكون كما يأتي:

1) تحديد موقع الظاهرة بالنسبة للمظاهر المحيطة بها كالوديان والسهول والأحواض والحافات والهضاب والميبسات الأخرى.

2) شكل الميسا ، دائري، مستطيل، مربع، مخروطي، مغزلي، منفردة، مزدوجة، شكل رقم (3 – 41).


شكل رقم (3 – 41) أشكال الميسات



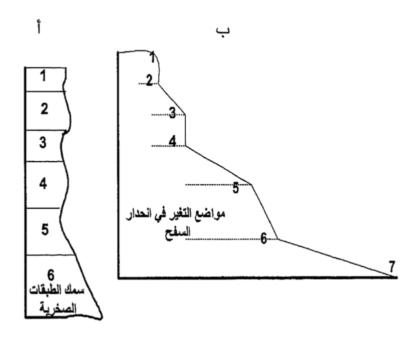
3) اتجاه الظاهرة بالنسبة للاتجاهات العامة، شمال جنوب، شرق غرب، او أي اتجاه أخر بين الاتجاهات الرئيسية.

4) الطبقات الصخرية المكونة للظاهرة التي يمكن تميزها من خلال أسطح الانفصال واللون والنسجة، وترقيمها من الأعلى الى الاسفل او بالعكس، واخذ نموذج من كل طبقة ووضعه في كيس ويكتب عليه رقم تلك الطبقة لغرض تحليلها والتعرف على نوع الصخور المكونة لتلك الظاهرة، كما يقاس سمك الطبقات وتحدد المواضع المتعرضة الى عمليات التجوية والتعرية، ويتم تجسيد ذلك بمقطع طولي لتلك الطبقات، شكل رقم (3 – 42 أ).

5) تحديد مواضع التغير في انحدار سفوح الظاهرة في الجهات التي يراد دراستها من أعلى الظاهرة الى أسفلها، شكل رقم (3 – 35 ب) ومن ثم قياس المسافة الافقية وزاوية الانحدار بين نقطة واخرى باستخدام أجهزة القياس المتاحة مثل شريط

قياس المسافة الأفقية والكلانوميتر لقياس زاوية الانحدار، وفي الشكل (3 – 42 ب) كانت كما في الجدول رقم (3 – 3)

شكل رقم (3 – 42) مقطع طولي للطبقات الصخرية ومقطع لمواضع تغير الانحدار



جدول رقم (3 – 3) قياس عناصر انحدار الظاهرة

مواضع التغير	المسافة/م	الزاوية	الارتفاع/ م	درجة الانحدار
1 --- 2	3	45°	3	60
2 --- 3	6	30°	3	30
3 --- 4	4	45°	4	60
4 --- 5	15	10°	2، 5	15
5 --- 6	8	35°	4، 6	34
6 --- 7	15	18°	4، 5	18

ومن خلال هذه القياسات يمكن معرفة ارتفاع كل جزء والتي يمثل مجموعها ارتفاع الظاهرة ومن

تطبيق القانون الآتي:

$$\text{الارتفاع} = \frac{\text{زاوية الانحدار} \times \text{المسافة الافقية}}{60}$$

ومن تطبيق ذلك على المثال السابق كانت النتائج كما في الجدول رقم (3-2)، والتي يمثل مجموعها ارتفاع الظاهرة ويساوي (21، 6 م)، كما يمثل مجموع المسافات الأفقية بين نقاط التغير طول منحدر الظاهرة ويساوي(51 م).

و من تلك المعلومات يمكن معرفة درجة الانحدار بين نقاط التغير من خلال تطبيق القانون آلاتي:

$$\text{درجة الانحدار} = \frac{\text{الارتفاع} \times 60}{\text{المسافة الافقية}}$$

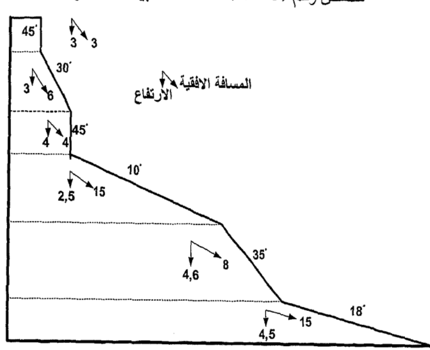
ومن تطبيقها على المثال السابق كانت النتائج كما في الجدول رقم (3 – 3).

6) المعدل العام لانحدار الظاهرة ويساوي = $\frac{21,6}{51} = \frac{4}{10}$

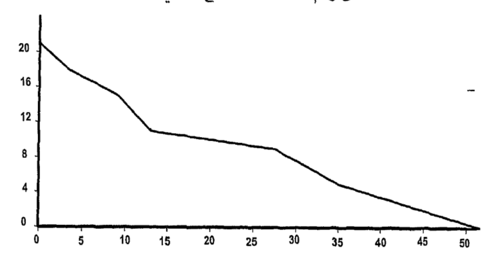
7) رسم مخطط للظاهرة يتضمن المسافة الأفقية بين نقاط التغير وزاوية الانحدار والارتفاع، شكل رقم (3 – 43).

8) رسم مقطع طولي للمنحدر اعتمادا على الارتفاع والمسافة الأفقية والذي يوضح شكل الانحدار محدب، مقعر، منتظم، غير منتظم، شكل رقم (3 – 44).

شكل رقم (3 – 43) مخطط لطبيعة منحدر



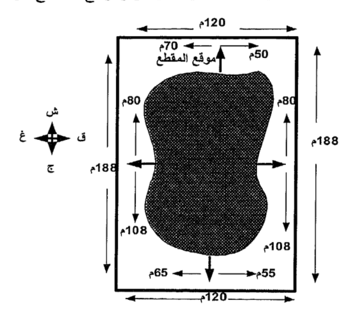
شكل رقم (3 – 44) مقطع طولي للمنحدر



9) اتجاه ميل الطبقات الصخرية مع الانحدار أم عكسه ودرجة ميلها ، حيث توجد اجهزة خاصة بميل الطبقات ، والذي يقيس اتجاه ودرجة الميل.

10) قياس عدة مقاطع ومن عدة جهات واتباع نفس الخطوات المارة الذكر، وفي هذه الحالة يجب تحديد النقاط التي ينتهي عندها القياس حول الظاهرة، وقياس الأبعاد بين تلك النقاط، شكل رقم (3 – 45)، كما تحدد مواقع المقاطع بالنسبة للأبعاد، ويستفاد من هذه العملية في أجراء رفع مساحي للظاهرة وتمثيلها بخرائط كنتورية، وفي معرفة اكثر الجهات تعرضا للتغير بسبب العمليات الجيومورفولوجية.

شكل رقم (3 – 45) تحديد نقاط نهاية القياس ومواقع المقاطع من الجهات المختلفة



11) طبيعة المناخ السائد في المنطقة واثر عناصره من حرارة ورياح وتساقط على الظاهرة.

12) العمليات الجيومورفولوجية التي أسهمت في تكوين الظاهرة في الماضي والحاضر، وتحديد أيهما اكثر تأثيرا.

13) التراكيب الاولية والثانوية التي تتضمنها الطبقات الصخرية ودورها في وجود تلك الظاهرة.

14) علاقة الظاهرة بالمظاهر المحيطة بها ومدى تأثيرها عليها في الماضي والحاضر على سبيل المثال تعمل الاودية المارة من إحدى جهات الميسا على تركز التعرية المائية في تلك الجهة اكثر من الجهات الأخرى.

15) اثر النشاط البشري في تلك الظاهرة بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

ثانياً – الكثبان الرملية

تنتشر الكثبان الرملية في الطبيعة بأشكال مختلفة متأثرة بالرياح السائدة وكمية الرمال وطبيعة مظاهر السطح في منطقة وجودها، ويمكن دراسة تلك الاشكال وصفيا ومورفومتريا كأي ظاهرة أخرى لمعرفة الأسباب والتطورات التي يشهدها هذا النوع من المظاهر، والعمليات التي أسهمت في وجودها، والعناصر التي يمكن قياسها، وسيتم تناول كل نوع من الكثبان على حده وكما يأتي:

1 – الكثبان الطولية

تتخذ بعض الكثبان الرملية شكلا طوليا موازيا لاتجاه الرياح العام، وقد يكون الشكل العام للكثيب مختلفا من مكان لاخر متأثرا باتجاه هبوب الرياح، ففي المناطق التي تهب فيها الرياح من اتجاه واحد وتغير اتجاهها لفترة قصيرة او لأيام معدودة لذا يكون شكل الكثيب محدب او مقوس من الأعلى، ويكون امتداده طويل وانحداره متوسط في الجهة المواجهة للرياح، بينما تكون الجهة المعاكسة قصيرة الامتداد وشديدة الانحدار، شكل رقم (3 – 46 أ).

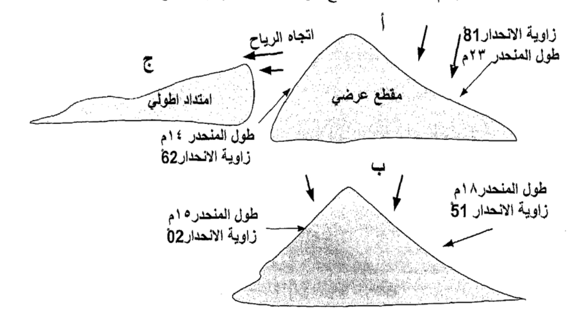
اما في المناطق التي تتغير فيها زاوية اتجاه الرياح ومن نفس الجهة على سبيل المثال غربية وشمالية غربية يؤدي ذلك الى تغير مظهر الكثيب فيكون بدل المحدب على شكل زاوية حادة، شكل رقم (3 – 46 ب) اما الخصائص الأخرى كالامتداد

وزاوية الانحدار متشابهة في النوعين، وقد تم قياس أحد الكثبان ميدانيا فكان طول انحدار الكثيب في الجهة المواجهة للرياح 23 م وزاوية الانحدار °18، اما الجهة المعاكسة طول الانحدار 14م والزاوية °26.

ومن قياس تلك العناصر يمكن معرفة درجة الانحدار وارتفاع الكثيب في موقع القياس بتطبيق القوانين المارة الذكر في الفقرات السابقة من هذا الفصل.

ومن الجدير بالذكر ان ارتفاع الكثيب يقل بالتدريج من بدايته الى نهايته، حيث يرتفع في البداية لترسب اكبر كمية من الرمال التي تحملها الرياح وخاصة الخشنة منها عندما تنخفض سرعتها بسبب اصطدامها بعائق طبيعي، اما الناعمة الخفيفة الوزن فتنقلها الرياح الى وسط واخر الكثيب وبكميات اقل، شكل رقم (3 – 46 ج)، ويفضل في مثل هذه الحالة قياس عدة مقاطع على طول الكثيب للتعرف على الكثير من الخصائص التي تميزه عن غيره.

شكل رقم (3 – 46) مقاطع من الكثبان الرملية الطولية



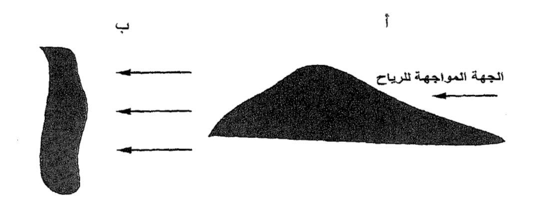
2 – الكثبان المستعرضة

تتخذ بعض الكثبان الرملية وضعا متعامدا على اتجاه هبوب الرياح فتكون الجهة المواجهة لهبوب الرياح طويلة الامتداد وبطيئة الانحدار، اما الجهة المعاكسة قصيرة الامتداد وشديدة الانحدار، شكل رقم (3 – 47 أ)، وقد تم قياس أحد الكثبان المستعرضة فكان امتداده في الجهة المواجهة للرياح 51 م وزاوية الانحدار °5، اما الجهة المعاكسة فكان امتداده 14 م والزاوية °30.

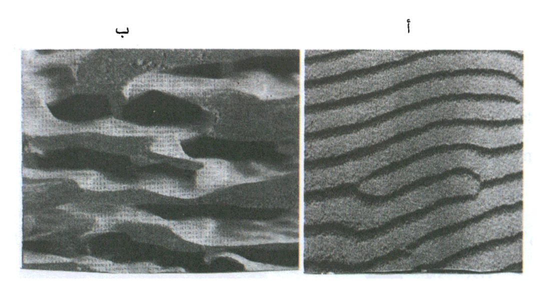
وقد تكون الكثبان الرملية المستعرضة متقاربة في ارتفاعها على طول امتدادها لتوزيع الرمال عليها بشكل متساوي لتعرض جميع أطراف الكثيب الى الرياح المحملة بالرمال في نفس الوقت وبكميات متساوية، شكل رقم (3 – 47 ب).

وتظهر على الجهة المواجهة للرياح تموجات صغيرة ومتقاربة تصل الى بضع سنتمترات، وتكون منتظمة في امتدادها وشكلها في المناطق التي تتعرض الى رياح من جهة واحدة وقليلة التغير، شكل رقم (3 – 48 أ)، في حين تكون غير منتظمة في شكلها وامتدادها في المناطق التي يتغير فيها اتجاه الرياح بشكل مستمر، شكل رقم (3 – 48 ب)، وتتخذ نفس النمط العام للكثبان الرملية في شكلها حيث تكون بطيئة الانحدار في الجهة المواجهة للرياح وشديدة الانحدار في الجهة المعاكسة.

شكل رقم (3 – 47) الكثبان الرملية المستعرضة



شكل رقم (3 – 48) تموج الكثبان الرملية



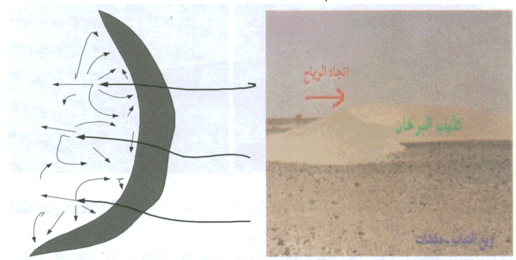
3 – الكثبان الهلالية

تعد الكثبان الهلالية نتاج للتغيرات التي تتعرض لها الكثبان المستعرضة القصيرة الامتداد، حيث يعمل جسم الكثيب على تخفيف سرعة الرياح خلفه فتحدث تيارات راجعة ود ورانية او دوامية في اتجاهات مختلفة والتي تصطدم بالأرض فتحمل ما عليها من رمال وتنقلها الى الكثيب وأطرافه الجانبية التي تنمو باستمرار حتى يتحول الكثيب الى شكل هلالي، شكل رقم (3 – 49).

ومن خصائص هذا النوع انه طويل الامتداد وبطيء الانحدار في الجهة المواجهة للرياح وقصير الامتداد وشديد الانحدار في الجهة المعاكسة، وقد تكون اكثر شدة في الانحدار من الأنواع السابقة بتأثير التيارات الراجعة التي تنقل الرمال المتجمعة وراء الكثيب من الوسط نحو الاطراف، كما تكون تلك الكثبان مرتفعة في الوسط ويقل الارتفاعها بالاتجاه نحو الاطراف لأن نصيبها من الرمال اقل لعدم تعرضها الى الرياح المحملة بالرمال بشكل مباشر لامتدادها الى الوراء.

ولغرض التوسع في المعلومات عن الكثبان يمكن تطبيق نفس الإجراءات في النموذج الاول على بقية النماذج، فضلا عن الدراسات التفسيرية التي تحتاجها تلك المظاهر.

شكل رقم (3 – 49) الكثبان الرملية الهلالية



مراجع الفصل الثالث

1) د. عادل صباح الدين راضي؛ مقياس الرسم وتطبيقاته العملية، الدار العربية للكتاب، ليبيا 1988 ص 283.

2) Alan Clowes and Peter Comfort; Process and land form, conceptual forme works in Geomorphology ،fifth imprssion, Produced by longman Singapore publishers Pte Ltd, 1986 p. 38

3) د. عادل صباح الدين راضي؛ مقياس الرسم وتطبيقاته العملية، مصدر سابق، ص 280 – 283.

4) محمد أبو صفط؛ جيومورفولوجية جروف الكارست شمال الضفة الغربية في فلسطين، بحث منشور في مجلة جامعة النجاح للأبحاث، عدد 12 سنة 1998 ص 162.

5) John Malcolm; Elementary surveying ،University Tutorial press LTD ،London 1966P. 28 – 29.

6) ياسين عبيد؛ المساحة الهندسية، دار الحكمة للنشر، البصرة 1990 ص 122.

7) Alan Clowes and Peter Comfort; Process and Landform ،opcit ،p41 .

8) د. محمد محمد سطيحة؛ دراسات في علم الخرائط مصدر سابق، ص 288.

9) د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله؛ علم الخرائط، مصدر سابق، ص 254 – 255.

10) د. احمد مصطفى؛ الخريطة الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها، دار المعارف الجامعية الإسكندرية، 1987 ص 114.

11) د. حسن الخياط و د. صالح العريض ود. احمد عبد الله ود. بسام النصر ود. محمد الكبيسي ود. فاطمة الكواري، مدخل الى الجغرافيا، جامعة قطر، 1988 ص 122.

12) Alan Clowes and Peter Comfort; Process and Landform, opcit. p52 – 53 .

13) opcit ،p. 55

14) إدوارد جي. تاربوك و فريدريك ك. لوتجنز؛ الارض مقدمة للجيولوجيا الطبيعية، مصدر سابق، ص 211.

15) د. محمد صفي الدين؛ جيومورفولوجية قشرة الارض، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت 1971 ص 143.

16) د. عدنان النقاش ود. أسا دور همبارسوم؛ الجيومورفولوجيا والجيولوجيا التركيبية وجيولوجية العراق، مطبعة جامعة بغداد 1985 ص 171.

17) د. محي الدين بنانة؛ الجيوهندسية التطبيقية، مصدر سابق، ص 278.

18) Landslide and debris flow

مقال منشور على موقع الانترنت www. redcross. org/service

19) Natural hazards and disaster ‘assessment and management landslides

تقرير منشور على موقع الانترنت www. satimagingcorp. com

20) Continuous monitoring system for excavated slopes using GPS

تقرير منشور على موقع الانترنت، www. jice. org. jp

21) Analysis and prediction of landslides in GIS

تقرير منشور على موقع الانترنت www. satimagingcorp. com

22) Assessment of building damage due to ground failure

تقرير منشور على موقع الانترنت www. iisee. kenken. go. jp/net

الفصل الرابع

التعرية ...
أسبابها ومشاكلها
وطرق قياسها

الفصل الرابع
التعرية ... أسبابها ومشاكلها وطرق قياسها

المبحث الاول – مشاكل التعرية واسباب تباين اثارها

تعد التعرية من العمليات الجيومورفولوجية المتميزة التي تترك آثارا واضحة على سطح الارض، حيث عملت بمرور الزمن على تغيير معالمه وبشكل مستمر وبدون توقف، وبدرجات متفاوتة حسب القوى المسببة لذلك والبيئة التي تحدث فيها جافة آو رطبة، فتنعكس آثارها على النشاط البشري في المناطق التي تتعرض لها ويكمن ذلك في عدة جوانب منها ما يأتي:

1) أضعاف التربة بسبب ما تفقده من عناصر أساسية يعتمد عليها النبات في نموه لذا تنخفض طاقتها الإنتاجية.

2) تقلص مساحة الارض الصالحة للزراعة والاستيطان والأنشطة الأخرى بسبب تعرضها الى التعرية بصورة مباشرة من خلال تأكلها اوعن طريق طمرها بالترسبات الناتجة عن التعرية خاصة الرملية أو المالحة.

3) تعرض بعض المنشآت والمشاريع الى التدمير، وخاصة التي تقع قرب ضفاف الانهار او سواحل البحار.[1]

ويتباين عمل التعرية من مكان لاخر متأثرا بما يأتي:

أ. نوع القوى المسببة للتعرية، مياه، رياح، ثلوج.

ب. نوع التكوينات التي تتعرض الى عمليات التعرية صلبة أم هشة.

ج. طبيعة انحدار المنطقة.

د. نوع وكثافة الغطاء النباتي.

ه. رطوبة التكوينات التي تتعرض الى التعرية.

وتكون التعرية متضامنة في عملها مع التجوية التي تعمل على تفكيك المفتتات دون نقلها، وبطرق ميكانيكية وكيميائية، ويعتمد ذلك على الظروف المناخية المحلية السائدة، وقد أجريت تجارب لتحديد الظروف التي يحدث فيها التفكك والملائمة لحدوث التحلل، حيث قام (ونيرت) باستخدام اساليب رياضية لتوضيح العلاقة بين التبخر الكامن والتساقط الكلي أثناء ادفى الشهور وعلاقة ذلك بالتجوية، وكما يأتي:

1 – معرفة نسبة التبخر الى التساقط = $R=\frac{Ej}{Pj}$

Ej. التبخر في الشهر الدافئ Pj التساقط في نفس الشهر.

2 – مؤشر الفصلية = $D=\frac{12Pj}{Pa}$

Pa. كمية التساقط السنوي، إذا كانت قيمة D اكبر من 1 صحيح فالمطر صيفي واقل من 1 المطر شتوي وإذا كان 1 يعني التساقط موزع على اشهر السنة.

3 – نسبة التساقط = $N=\frac{12Ej}{Pa}$

إذا كانت قيمة N اكبر من 5 تكون التجوية الميكانيكية هي السائدة واقل من ذلك تسود التجوية الكيميائية، وإذا كانت القيمة اكبر من 6 فهذا يعني أن التجوية تعمل على إذابة معدن المايكا وإذا اقل من ذلك تعمل على إذابة معدن المنتمورولنايت من الصخور النارية القاعدية والحامضية.(2)

وعلى العموم تسود التعرية الريحية في المناطق الصحراوية والمائية على نطاق واسع في المناطق الرطبة والثلجية في المناطق التي تتساقط فوقها الثلوج بكثرة، وسيتم تناول كل نوع على حدة.

المبحث الثاني: تعرية الأمطار والمياه الجارية:

تعمل الأمطار والمياه الجارية على تعرية سطح الارض وبشكل متباين من مكان لأخر اعتمادا على عدة عوامل منها ما يأتي:

1) كمية الأمطار الساقطة والمياه الجارية.

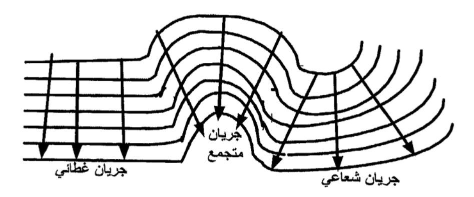
2) نوع التكوينات السطحية صلبة أم هشة.

3) حجم الرواسب والمفتتات التي تحملها المياه الجارية.

4) معوقات الجريان من كتل صخرية واشجار وغيرها.

5) نوع الانحدار الذي يتحكم بسرعة الجريان والتي يرتبط بها شدة التعرية، ففي المناطق البطيئة الانحدار يكون الجريان غطائي، اما المناطق المحدبة الانحدار فيكون شعاعي، وفي المقعرة متجمع، شكل رقم (4 – 1)، ويترتب على هذا التنوع في الجريان التباين في عمليات التعرية حسب الوضع الذي تتخذه المياه في جريانها.

شكل رقم (4 – 1) العلاقة بين الانحدار والجريان



6) تأثير النشاط البشري مثل قطع الأشجار ورعي الأعشاب وحفر القنوات وإنشاء السدود والخزانات التي تتحكم بكميات التصريف والتي تتوقف عليها شدة التعرية.

واعتمادا على تنوع العوامل المؤثرة في التعرية المائية تنوعت أشكال التعرية وكما يأتي:

أولاً – تعرية الأمطار الحامضية:

تحدث ظاهرة الامطار الحامضية في المناطق التي تتركز فيها المنشآت الصناعية التي تفرز غازات مثل ثاني أو كسيد الكبريت وثاني أو كسيد النتروجين واو كسيد النتريك وثاني أو كسيد الكار بون، حيث ينتج عن اتحاد الماء مع تلك الاكاسيد حوامض مثل حامض النتريك والكبريتيك والكاربونيك، أي تتعرض الى هذه الظاهرة المناطق التي تتركز فيها تلك الملوثات، وهذا لايعني البلدان المنتجة لها فقط بل يشمل جميع المناطق التي تصلها تلك الملوثات خارج حدود الدول المنتجة لها، على سبيل المثال النرويج تتعرض الى التلوث من الدول الصناعية القريبة وكندا تتعرض الى التلوث من الولايات المتحدة، وتعد الامطار الحامضية ذات آثار سيئة تؤدي الى تدمير التربة الصالحة للزراعة وتدهور إنتاجيتها بسبب ارتفاع نسبة الحموضة فيها، ومن أثارها ايضا ما تسببه من تعرية وتجوية بسبب تفاعل تلك الأحماض مع بعض المعادن والعناصر التي تتضمنها بعض الصخور، فتترك حفر صغيرة فيها تمثل نقاط ضعف في تلك الصخور لتركز عمليات التعرية والتجوية اللاحقة في تلك المواضع، وتظهر آثار ذلك واضحة في واجهات الأبنية التي بنيت بالصخور، وفي طبقات الصخور السطحية وخاصة الصخور التي تتضمن فواصل وشقوق تسمح لتلك الامطار بالتسرب الى داخلها فتنشط عمليات التجوية والتعرية

فيها فتقلل من صلابتها وتماسكها، كما تؤثر تلك الظاهرة على التماثيل والآثار في الميادين العامة والأبنية التاريخية، ويظهر التأثير واضحا في الأجزاء أو الجهات المواجهة للرياح والتي تدفع الامطار بقوة نحوها فتظهر آثارها واضحة فيها اكثر مما في الجهات الأخرى الواقعة في الاتجاه المعاكس لهبوب الرياح، ولا يقتصر تأثير تلك الامطار على ذلك بل تؤثر على صحة الانسان وتسبب له العديد من الأمراض، وتزداد الحالة سوءا في المناطق التي تتعرض الى الانقلاب الحراري الذي يعمل على تركز الملوثات في المكان الذي يحدث فيه فتكون النتائج وخيمة مادية وبشرية. [3]

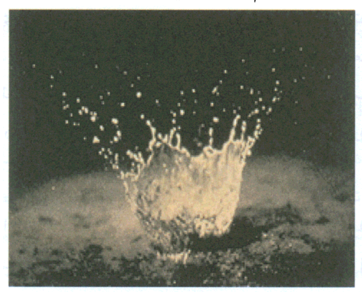
ثانياً – التعرية الناتجة عن تساقط المطر (تعرية تصادمية) :

يحدث هذا النوع من التعرية في المناطق التي تسقط فيها الامطار على شكل زخات مطرية شديدة وقطرات كبيرة الحجم، فيحدث ما يشبه القنبلة عندما تصطدم بالأرض فينتج عنها تفتت حبيبات التربة المتماسكة فتحولها الى حبيبات منفردة تقفز مع أجزاء قطرة الماء المتناثرة نحو الجوانب، ويظهر ذلك بشكل واضح على المنحدرات حيث تنتقل الأجزاء المتناثرة نحو اسفل المنحدر اكثر من الانتقال الى الأعلى بفعل قوة الجاذبية والتي يترتب عليها جريان المياه نحو الأسفل فينتج عنها جرف تربة تلك السفوح. [4]

وتتوقف قوة تأثير الامطار على نوع التربة، اذ يزداد في الترب المفككة ويقل في المتماسكة، كما يزداد في المناطق الخالية من الغطاء النباتي ويقل في المناطق التي يتوفر فيها غطاء نباتي الذي يعمل على إضعاف قوة سقوط المطر، ويزيد من قوة تماسك التربة والحد من سرعة الجريان، ومن ثم الحد من الآثار الناتجة عن الامطار في تلك المنطقة، ويزداد التأثير مع شدة الانحدار وبالعكس.

الشكل رقم (4 – 2) يبين اثر الامطار الساقطة على تعرية التربة، والشكل رقم (4 – 3) يوضح التعرية التي تحدث على السفوح نتيجة تساقط الامطار

الشكل رقم (4 – 2) يبين اثر الامطار الساقطة



شكل رقم (4 – 3) يوضح تعرية السفوح



ثالثاً – التعرية الغطائية (الانجراف الصفيحي) :

تتجمع مياه الامطار فوق الأراضي المنبسطة البطيئة الانحدار وعلى شكل طبقة متماثلة السمك خاصة فوق الارض المنتظمة الانحدار وكمية الامطار الساقطة تفوق ما يتسرب في التربة، فتتحرك تلك المياه المتجمعة نحو جهة الانحدار وبسرعة بطيئة جارفة معها المواد المفككة على شكل مادة عالقة أو ذائبة.

يسود هذا النوع من التعرية في المناطق الصحراوية الخالية من الغطاء النباتي او لقلته، حيث تتعرض الى الجفاف لفترة طويلة فتنشط فيها عمليات التجوية على نطاق واسع مما يزيد في نسبة المواد المفككة التي تجرفها المياه بسهولة فتنقلها الى المكان الذي تتجمع فيه، وعادة يكون منطقة منخفضة عما يجاورها فتبقى الرواسب في مكانها بعد جفاف المياه، وقد نتج عن هذه العملية تكون الفيضات في المناطق الصحراوية على مساحات واسعة والتي تعد من افضل المناطق لنمو النباتات والأعشاب، كما أنها من المناطق الصالحة للزراعة الديمية أو البعلية لخصوبة تربتها ولاحتفاظها بالرطوبة فترة طويلة خاصة وأنها موضع لتجمع المياه، أي أن المياه نقلت ما تحتويه التربة التي مرت فوقها من عناصر ومعادن الى مكان تجمعها فحسنت خصائص التربة فيه ولكن عملت على أضعاف التربة التي نقلتها منها، الشكلان (4 – 4 و 4 – 5) يوضحان التعرية الغطائية.

الشكلان (4 – 4 و 4 – 5) يوضحان التعرية الغطائية.





ومن الجدير بالذكر ربما يترتب على هذه العملية نتائج سيئة إذا كان موضع تجمع المياه عميقا وتتصرف أليها مياه سطحية وجوفية، بحيث يبقى منسوب المياه الجوفية مرتفعا فتتحول ارض تلك المناطق الى سبخات ترتفع فيها نسبة الملوحة ولا تصلح لأي نشاط بشري.

وتعد تلك الأماكن في الغالب مكامن للمياه الجوفية في المناطق الصحراوية إذا كانت تكويناتها تحت السطحية تساعد على الاحتفاظ بالمياه المتسربة إليها، أي قليلة المسامية.

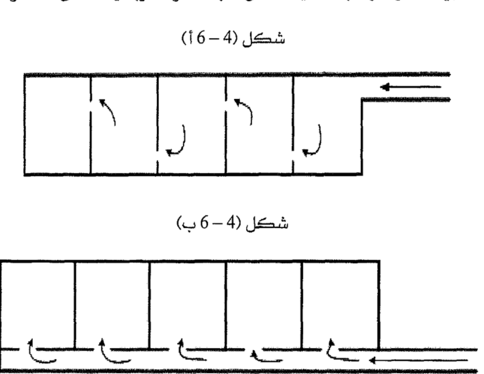
ومن الجدير بالذكران عملية التعرية الغطائية لاتقتصرعلى المناطق الصحراوية فقط بل تحدث في الأراضي الزراعية التي تروى بالواسطة، بعد أن تقسم الارض الى مساحات صغيرة مابين 20 و 50 م^2 في المناطق المنحدرة وكبيرة مابين 100 و 250 م^2 في المناطق المنبسطة، وتسمى هذه المساحات الصغيرة الألواح والتي يتم سقيها اما على التوالي في حالة عدم توفر قناة أو ساقية تصل الى جميع الألواح من البداية الى النهاية، بل تصل الى أول لوح فيتم سقيه ومن ثم تفتح المياه الى المجاور له وعلى التوالي حتى تسقى جميع ألا لواح، أن انتقال المياه من لوح الى أخر تنقل معها

المواد العالقة والذائبة الى الذي يليه وبالنتيجة تتركز تلك المواد في الألواح الأخيرة لذا تقل خصوبة الاولية وترتفع في الأخيرة، شكل رقم (4 – 6 أ) ، ويظهر ذلك واضحا في كمية الإنتاج إذ تكون في ألا خيرة اكبر من الاولية ، والتي ربما تتحول الى ارض غير منتجة إذا استمرت العملية طويلا.

وعليه يجب الابتعاد عن هذا الأسلوب واستخدام أسلوب الري بواسطة القنوات التي تصل الى كل لوح لسقيه والاحتفاظ بمياهه والمواد العالقة والذائبة وعدم انتقالها الى مكان أخر، شكل رقم (4 – 6 ب) .

ويمكن معالجة انجراف التربة في المناطق الصحراوية من خلال عمل سداد ترابية صغيرة تعرقل انتقال المياه من مكان لاخر والتي تعمل على حجز المياه في مساحات محددة ولاتسمح له بالانتقال وبذلك تقل عملية انجراف التربة ، وتكون المسافة بين سد واخر متباعدة في المناطق المنبسطة ومتقاربة في المناطق المنحدرة.

شكل (4 – 6 أ)



شكل (4 – 6 ب)

رابعا – تعرية المسيلات المائية (Rills Erosion)

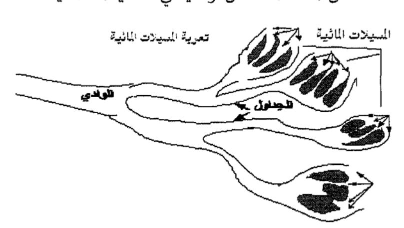
تنتهي بعض المناطق المنبسطة التي يحدث فيها جريان غطائي بانحدار اكثرميلاً من انحدار الارض الاعتيادي، فيترتب على ذلك زيادة سرعة الجريان فينتج عن ذلك تكون مجاري بدائية صغيرة وضيقة وقصيرة ومتوازية تزيد من قدرة المياه على التعرية، وتكون اكثر وضوحا في المناطق التي توجد فيها أخاديد صغيرة وفجوات فتعمل التعرية على توسيعها وتوصيلها ببعضها لتشكل مجرى واحد تجري فيه المياه فتزداد عمليات التعرية فيتوسع المجرى بمرور الزمن وتزداد طاقته الاستيعابية، الشكلان رقم (4 – 7) و (4 – 8) صورتان توضحان تعرية المسيلات المائية، والشكل رقم (4 – 9) شكل توضيحي لعميات تعرية المسيلات.

الشكلان رقم (4 – 7) و (4 – 8) صورتان توضحان تعرية المسيلات المائية





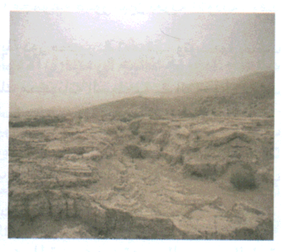
شكل (4 – 9) شكل توضيحي للمسيلات المائية



خامسا – التعرية الأخدودية (الجداول) (Gullies Erosion)

تتكون الجداول من التقاء المسيلات القصيرة والصغيرة فتكون اكثر سعة وطولا منها لذا تزداد كمية المياه الجارية فيها ومن ثم قدرتها على التعرية فتعمل على تعميق وتوسيع تلك الجداول فتكون ذات أبعاد واضحة، وكما موضح في الشكل السابق، وهذا ما يجعل المياه الجارية فيها لها القدرة على جرف الجلاميد وقطع الصخور الصغيرة، وتعد تعرية المسيلات ذات أثار سلبية على الزراعة الديمية أو البعلية المعتمدة على الامطار، حيث تعمل على تأكل مساحات واسعة من الأراضي المزروعة او الصالحة للزراعة، والتي تكون هشة بسبب حراثتها المستمرة وتركز الجريان فوقها وهذا ما يزيد من تعرية تربة تلك المناطق وخاصة عند حدوث زخات مطرية شديدة، الشكلان رقم (4 – 10) و (4 – 11) صورتان توضحان التعرية الاخدودية.

الشكلان رقم (4 – 10) و (4 – 11) صورتان توضحان التعرية الاخدودية





وعليه يجب اتخاذ بعض التدابير لحماية تلك الأراضي ومنها ما يأتي:

1) حراثة الارض بشكل يتعامد على اتجاه الجريان لتقليل سرعة جريان الماء وقدرته على التعرية.

2) عمل سدود ترابية صغيرة تتعامد على اتجاه الجريان وعلى مسافات تتناسب مع انحدار الارض تؤدي الى تقليل سرعة الجريان وعدم تركيزه في موضع محدد ، كما تعمل على انتشار المياه الجارية على مساحة اكبر من الارض.

3) حراثة التربة في بداية فصل الامطار للاستفادة منها منذ بداية تساقطها في زيادة تماسك التربة وقلة تعريتها في فترات التساقط اللاحقة.

4) عمل سدود صغيرة على الأخاديد للحد من سرعة الجريان والتعرية.

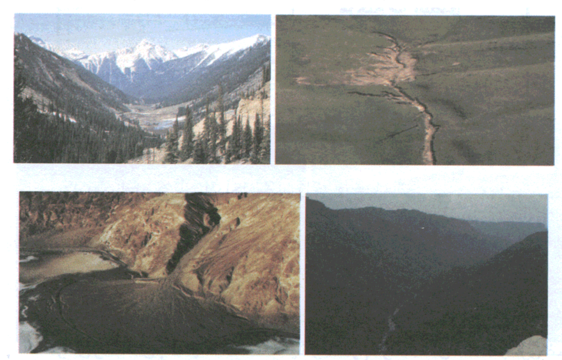
5) الحفاظ على الغطاء النباتي من خلال الحد من الرعي الجائر. [5]

سادسا – تعرية الأودية (Ravine Erosion):

تتكون الأودية الكبيرة من التقاء عدد من الجداول والمسيلات مع بعضها فينتج عنها واد واسع وعميق فتزداد طاقته الاستيعابية من المياه والتي تكون قدرتها على التعرية كبيرة ، شكل رقم (4 – 12) مجموعة صور تبين تعرية الاودية ، وقد يكون لتعرض الأودية الى الجفاف فترة طويلة دور كبير في تعميقها وتوسعها بسبب نشاط عمليات التجوية التي تؤدي الى تفكك مكوناته السطحية في القاع والضفاف فتسهل عملية تعريتها عند تعرضها الى السيول، لذا يتغير لون مياه الانهار التي تصب فيها الأودية الصحراوية عند حدوث السيول حسب لون الرواسب التي تجلبها ، ففي نهري دجلة والفرات على سبيل المثال ذات لون رمادي او احمر، وتنعكس أثار عمليات التعرية والارساب على النشاط البشري لما تسببه من تدمير للجسور والطرق على الأودية الصحراوية ، في حين تعمل الرواسب على دفن قنوات الري ومنشأته، وتدمير المحاصيل الزراعية التي تتعرض الى الفيضان فتغطيها الرواسب.

وهذا لايعني أن الرواسب غير مفيدة بل تعد ذات أهمية كبيرة في إضافة طبقة الى التربة تزيد من خصوبتها لماتضيفه من معادن وعناصر تزيد من قدرتها الإنتاجية.

شكل رقم (4 – 12) مجموعة صور تبين تعرية الاودية



سابعاً– التعرية المائية في مجاري الأنهار وأوديتها وكيفية الحد منها:

يعد وادي النهر مسرحا لعملياته المختلفة من تعرية وارساب والتي يترتب عليها تكون العديد من الإشكال الأرضية، ويعتمد ذلك على كمية التصريف وطبيعة تكوينات المجرى وانحداره، لذا تتباين العمليات النهرية من فترة لأخرى ومن مكان لاخرضمن المجرى من منبعه الى مصبه، وقد تطرق وليم موريس ديفز الى ذلك وقال أن النهر يمر في مراحل ولكل مرحلة خصائص معينة، شكل رقم (4 – 13) يبين المراحل التي يمر بها النهر.

شكل رقم (4 – 13) يبين المراحل التي يمر بها النهر.

انحدار المجرى

مرحلة التصابي

مرحلة النضج

مرحلة الشيخوخة

وقد يمر النهر في تلك المراحل في أن واحد وكما يأتي:

1) مرحلة الشباب او التصابي في أعلى مجرى النهر إذ يكون المجرى ضيقا وشديد الانحدار وسريع الجريان لذا تتركز التعرية في قاع المجرى، أي تكون التعرية رأسية فيتعمق المجرى، وقد ترتب على ذلك ظهور مجاري الانهار على شكل خوانق وتتضمن بعضها مساقط مائية ومسارع، وتعد مثل تلك المجاري غير صالحة للملاحة.

2) مرحلة النضج ويمر بها وسط المجرى حيث يقل انحدار المجرى ويتسع لذا تنخفض سرعة الجريان فتحدث تعرية في القاع والضفاف فتتكون أشكال مختلفة ناتجة عن التعرية والارساب والتي تختلف عما في المرحلة السابقة، وربما يغير النهر مجراه لمرات عدة ضمن واديه تاركا وراءه البحيرات الهلالية (ox – bow) والمدرجات النهرية (Terraces)، ويتضمن هذا الجزء من المجرى المنعطفات وتشهد الضفاف ترجع بعضها نحو اليابس بسبب التعرية وتقدم بعضها بسبب عمليات والارساب، وتنعكس أثار ذلك على النشاط البشري كالاستيطان والطرق والزراعة والري وغيرها من مشاريع تقع قرب الضفاف.

3) مرحلة الشيخوخة أدنى مجرى النهر حيث يقل انحداره ويتسع مجراه فتقل سرعة الجريان والتعرية ويزداد الترسيب فتكثر الجزر والد لتوات، ولذلك يكون مجرى النهر في وضع مختلف عن ما عليه في وعلاه وسطه من حيث الشكل العام والانحدار والمظاهر، الشكل رقم (4 – 14) صورتان توضحان عمليات التعرية والارساب النهري

شكل رقم (4 – 14) صورتان توضحان عمليات التعرية والارساب النهري



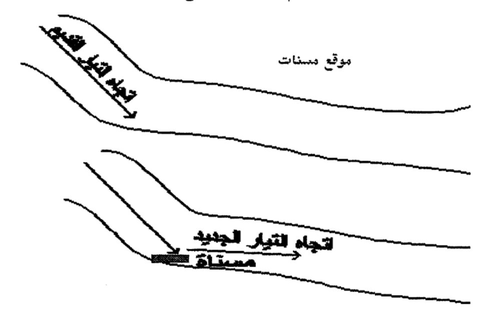
ولغرض الحد من آثار التعرية النهرية ومخاطرها يمكن اتخاذ بعض الإجراءات منها ما يأتي:

1) رصف ضفاف الانهار عند المناطق الحضرية بالصخور او الكتل الكونكريتية لمنع حدوث التعرية في تلك المناطق وبالتالي حماية الأبنية والمنشآت المقامة على ضفاف الانهار من مخاطر التعرية.

2) عمل مسنات صخرية او كونكريتية أمام المناطق التي تتعرض للتعرية لابعاد التيار عنها ، ويجب ان يكون وفق قياسات دقيقة من حيث امتداد المسنة في المجرى والزاوية التي تتخذها بالنسبة للضفة التي تمتد منها لتجنب تحول التيار

الى الضفة الثانية فيعمل على تعريتها في حالة عدم دقة عمل تلك المسنات والتي تكون مهمتها الأساسية تحويل مسار التيار عن المناطق المعرضة الى التعرية نحو وسط المجرى، شكل رقم (4 – 15) موقع مسنات.

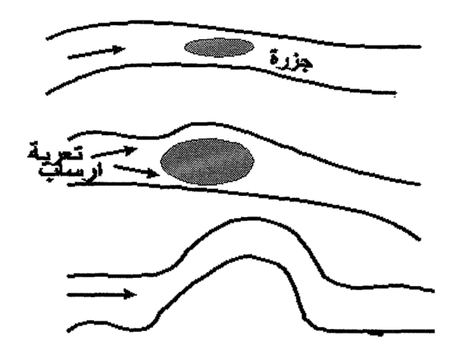
شكل رقم (4 – 15) موقع مسنات



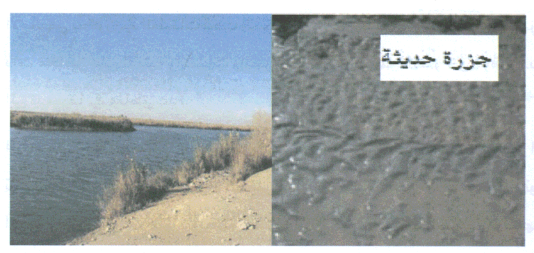
3) عدم السماح للجزر بالتوسع والثبات في مجاري الانهار لفترة طويلة لأنها تعمل على تقسيم المجرى الى فرعين يمران من جانبيها أحدهما قوي الجريان والأخر ضعيف فتتركز في الجانب القوي التعرية وفي الجانب الضعيف الترسيب، وبمرور الزمن يتسع جانب التعرية ويضعف جانب الترسيب حتى يتوقف عن الجريان فتلتحم الجزرة بالضفة فتكون جزء من اليابس ويحدث انعطاف في المجرى، شكل رقم (4 – 16) مخطط يبين دور الجزر في تغير المجرى، وربما تتكرر هذه الحالة في عدة أماكن ضمن المجرى وتكون لها اثار سلبية على النشاط البشري على جانبي المجرى، اذ تتعرض المنشآت الواقعة على الضفة التي تتعرض الى التعرية الى مخاطر كبيرة ربما تعمل على تدميرها وأزالتها من

موضعها إذا كانت قريبة من المجرى والتعرية قوية ، اما في جهة الإرساب فقد يؤدي ذلك الى ابتعاد المجرى عن المناطق العمرانية او الزراعية ويحتاج إيصال الماء أليها شق قنوات واقامة محطات ضخ جديدة وهذه عملية مكلفة ، شكل رقم (5 – 16) صورتان تبين طبيعة الجزر النهرية الحديثة والقديمة.

شكل رقم (4 – 16) مخطط يبين دور الجزر في تغير المجرى



شكل رقم (4 – 17) صورتان تبين طبيعة الجزر النهرية الحديثة والقديمة



المبحث الثالث: التعرية البحرية وكيفية حماية السواحل:

أولاً – التعرية البحرية:

تتعرض الشواطئ البحرية لعمليات التعرية وبدرجات متفاوتة حسب طبيعة العوامل التي تتحكم بها، وهي ناتجة عن فعل الأمواج والمد والجزر والتيارات البحرية ويكون تأثيرها من خلال ما يأتي:

1) الفعل الهيدروليكي للأمواج: ينتج عن اصطدام الأمواج بالشواطئ انضغاط الهواء الموجود أمامها في الشقوق والفواصل التي تتضمنها مكونات السواحل وخاصة الطبقات الصخرية التي تتضمن كسور وفواصل وفوالق، حيث تعمل الأمواج على دفع الهواء بقوة كبيرة وبسرعة نحو الشاطئ فيدخل في الشقوق والفواصل والكسور وبعد تراجع الموجة السريع ومن ثم الهواء يحدث صوت انفجاري شديد، وبتكرار العملية تتوسع الشقوق والفواصل فتزداد عمليات التعرية والتجوية وما يترتب عليها من عمليات هبوط وانزلاق ومن ثم تراجع السواحل ويكون على نطاق واسع في السواحل التي تتضمن طبقاتها الصخرية فوالق كبيرة، إذ تتركز التعرية والتجوية فيها لذا تظهر على شكل السنة او قنوات تمتد نحو اليابس بعضها بشكل ظاهر من أعلى الى اسفل طبقة وفي بعض الأماكن يكون في الطبقات تحت السطحية أي غير ظاهر، وتعد هذه الظاهرة ذات مخاطر على الأبنية والمنشآت والطرق المقامة قرب تلك السواحل، وقد أدت الى تدميرها في مناطق عدة.

2) اصطدام الجلاميد والزلط والكتل الصخرية الصغيرة التي تحملها الأمواج او تحركها على القاع نحو الأجزاء السفلى من الشواطئ فتصدم بها بقوة حسب قوة الموجة فتعمل على تآكلها، ويظهر تأثيرها واضحا في المناطق الجرفية إذ تسهم

هذه العملية مع العوامل الأخرى في تعرية الطبقات السفلية حتى يتحول بعضها الى كهوف او ممرات مائية في داخل الطبقات الصخرية او تؤدي الى انهيار الكتل التي تعلوها.

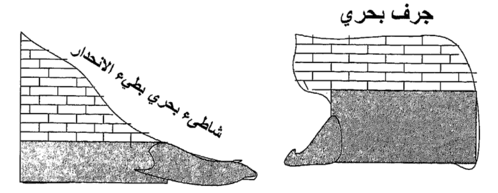
3) التجوية الناتجة عن عمل مياه البحار والتي تعمل على إذابة الصخور الضعيفة التماسك، او تحدث التجوية لتفاعل بعض المعادن والأملاح التي تحتويها مياه البحار مع بعض المعادن والعناصر التي تتكون منها صخور السواحل، كما تحدث التجوية نتيجة لقوة هبوط المياه فوق أعلى الشواطئ عندما تتعرض الى أمواج عالية وحدوث العواصف والأعاصير، حيث ينتج عن الاصطدام الشديد للماء في مقدمة الشواطئ وخاصة الجرفية ارتفاع المياه الى عدة أمتار مندفعا نحو اليابس لمسافة عدة أمتار وتهبط بقوة محدثة أثار واضحة في تكوينات تلك المناطق حيث تعمل على تفكك التكوينات الضعيفة كما تدخل المياه في المسامات والشقوق والكسور فتعمل على تجويتها فتتوسع بمرور الزمن وتتحول الى مواضع ضعف في مكونات السواحل يسهل تحطيمها عند التعرض الى تأثير عوامل أخرى.

وقد لا يقتصر تأثير ذلك على مكونات السواحل فقط بل على ما موجود من منشآت وابنية وطرق.

أن تأثير الأمواج على الشواطئ يختلف من مكان لأخر متأثرة بعدة عوامل منها ما يأتي:

1. درجة انحدار الشاطئ، إذ يكون التأثير في الجرفية الشديدة الانحدار اكبر من البطيئة الانحدار، شكل رقم (4 – 18 أ) يبين طبيعة بعض انواع الشواطيء، اما الشكل رقم (4 – 18 ب) صورة لشاطيء البحر المتوسط.

شكل رقم (4 – 18 أ) يبين طبيعة بعض انواع الشواطيء



شكل رقم (4 – 18 ب) صورة لشاطيء البحر المتوسط.

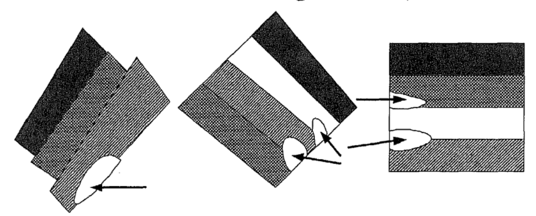


2. اتجاه الموجة نحو الشاطئ' تؤثر الأمواج التي تتجه بصورة عمودية على الشواطئ اكثر من التي تكون بشكل مائل، كما يكون التأثير كبيرا في السواحل المفتوحة أمام عمل الأمواج، أي خالية من التعرجات والمعوقات التي تحد من قوة الأمواج.

3. نوع وحجم المواد المفككة التي تستخدمها الأمواج كأدوات للنحت والتعرية، إذ يكون التأثير واضحا إذا كانت تلك المواد من الحصى والجلاميد والكتل الصخرية، ويقل تأثيرها عندما تكون مفتتات ناعمة.

4. نوع مكونات الشواطئ ، تتكون الشواطئ من طبقات صخرية او مواد هشة ضعيفة التماسك من الرمل والطين والجلاميد والتي يسهل تعريتها ، اما في الطبقات الصخرية فالتأثير يتباين من مكان لاخر ويعود ذلك الى بنية وتركيب تلك الطبقات وما تتضمنه من تراكيب ثانوية كالفواصل والشقوق والفواق ، إذ تتخذ بعض الطبقات الصخرية وضعا افقيا في امتدادها وهذا يجعل تأثير الأمواج عليها كبيرا لانه يتركز في الفواصل والشقوق بشكل مباشر ، وفي بعض المواضع تتخذ الطبقات وضع مائل باتجاه المياه أي نحو الأمام فتكون الفواصل والشقوق في وضع مائل على مسار الأمواج لذا يكون التأثير اقل من السابق ، اما الوضع الأخر فهو ميل الطبقات نحو اليابس الى الوراء لذا لا تؤثر الأمواج بشكل مباشر على فواصل تلك الطبقات بل يتركز التأثير في الشقوق التي تتضمنها حيث يزداد بزيادتها ، شكل رقم (4 – 19) اوضاع الطبقات الصخرية المكونة للسواحل.

شكل رقم (4 – 19) أوضاع الطبقات الصخرية المكونة للسواحل



5. عمق المياه أمام الشاطئ ، كلما كانت المياه عميقة يزداد تأثير الأمواج وتقل قوتها في المياه الضحلة التي تعمل على تكسرها قبل وصولها الى الشواطئ.

6. قوة الأمواج التي تتباين من مكان لاخر حسب خصائصها العامة المتمثلة بارتفاعها وطولها وشدتها وتكرارها، لذا تكون قوتها ضعيفة في بعض الأحيان ولا تتجاوز بضع كغم/ م^2 في حين تكون قوتها كبيرة وتصل الى 3000 كغم/ م^2، ومن اكثر الأمواج قوة المصاحبة للأعاصير وتصل الى اكثر من 10000 كغم/ م^2 والتي تكون مدمرة ويصل عدد مرات اصطدامها بالشاطئ 14 مرة في الدقيقة.[6]

7. التعاقب الطبقي في بنية تكوينات السواحل حيث توجد طبقات ضعيفة تعلوها طبقات صلبة لذا تتركز عمليات التعرية والتجوية في تلك الطبقات فتعمل على تقويضها فتتحول الى كهوف تتخذ أشكال متباينة حسب طبيعة سمك وامتداد تلك الطبقات، وقد تكون ضيقة وطويلة أو عريضة فينتج عنها انزلاق او انهيار الطبقات التي فوقها.

8. مصبات الانهار والأودية الجافة في البحار، والتي تسهم في تفكك الصخور والتكوينات الساحلية لما تحدثه من تعرية وتجوية والتي تظهر واضحة من امتداد تلك المصبات بشكل متداخل مع اليابس وبأشكال مختلفة حسب نوع مكونات الساحل صلبة أم هشة، فعند مصبات الأودية الجافة تقوم المياه الجارية فيها أوقات سقوط الامطار بتعرية التكوينات السطحية و تجوية الطبقات التي تحتها فتعمل على تفكيكها ويزداد التأثير في التكوينات التي تتضمن فوالق تعجل في عمليات التعرية والتجوية وتراجع الشواطئ لتضامن التعرية السفلية لمياه البحر مع العلوية لمياه الوادي.

الشكل رقم (20) صور لنماذج من الشواطيء البحرية التي تعرضت الى التعرية.

الشكل رقم (20) شواطيء تعرضت الى التعرية



ثانياً – حماية الشواطئ من تأثير الأمواج:

تعد السواحل من المواقع التي تستغل بأنشطة متنوعة رغم أنها تقع تحت تأثير الأمواج التي تؤدي الى تدمير القريبة من الشواطئ في بعض الاماكن، وعليه يجب اتخاذ بعض الإجراءات ومنها ما يأتي:

1. عمل حوائط كونكريتية أمام الشواطئ ويفضل أن تكون على عمق معين بحيث لا يتعرض أسفلها الى تأثير الأمواج فيقلل من أهميتها.
2. عمل حواجز من الكتل الصخرية الكبيرة وذات تركيب معدني لا يتأثر بملوحة مياه البحار.

3. عمل مسنات او حواجز من كتل صخرية او أسمنتية وعلى شكل متوازي ولمسافات قصيرة لا تتجاوز بضعة أمتار للحد من قوة الأمواج قبل وصولها الى الشاطئ.

4. قطع الأجراف الشديدة الانحدار التي تتعرض الى عمليات مختلفة من تعرية وانزلاق وهبوط وتحويلها الى معتدلة او بطيئة الانحدار، إذ توضع الأجزاء المقطوعة إمام التكوينات الأصلية لحمايتها من الأمواج.

5. الحد من تأثير مجاري الأنهار والأودية الجافة من خلال عمل مصاطب او مسارع او قنوات كونكريتية للحد من آثار المياه الجارية على تكوينات الشواطئ .

6. غرس أشجار المنجرف في المناطق التي تتوفر فيها تكوينات وظروف ملائمة، والذي ينمو في المياه المالحة.

7. أبعاد المنشآت والطرق عن الشواطئ مسافة كافية تحول دون تعرضها الى المخاطر الناتجة عن تعرضها الى العواصف والاعاصير.

المبحث الرابع – تعرية وتجوية المياه الجوفية

تؤثر المياه الباطنية على التكوينات تحت السطحية ميكانيكيا وكيميائيا فيترتب على ذلك عمليات انزلاق وهبوط تعمل على أضعاف تماسكها ، وقد ينتج عن عمل تلك المياه تكون مجاري مائية باطنية والتي تتوسع بمرور الزمن لنشاط عمليات التعرية والتجوية وخاصة الكيميائية عندما يتحول الماء الباطني الى حامض مخفف لذوبان بعض الأكسيد فيه مثل حامض والكاربونيك الناتج عن ذوبان ثاني أوكسيد الكاربون في الماء [$Co_2+ H_2o= H_2Co_3$] والذي يتفاعل مع الصخور الجيرية (كربونات الكالسيوم) فتتحول الى مادة ذائبة هي بيكاربونات الكالسيوم [$H_2Co_3+ Caco_2= CaH_3 (Co_3)_2$] وقد تنتقل المواد الذائبة مع الماء المتحرك

وتترسب في الفواصل والشقوق أو تخرج مع مياه الينابيع، وينتج عن عمل المياه الجوفية تكون كهوف مختلفة الأبعاد واوسعها التي تظهر في الصخور الجيرية وحسب امتداد الطبقات الصخرية، ففي مناطق الامتداد الأفقي الكهوف واسعة ومنخفضة وفي منا طق الامتداد الرأسي آو العمودي الكهوف ضيقة ومرتفعة، أي آن عمليات التعرية والتجوية تتركز في الفواصل والشقوق التي تتضمنها الطبقات والتي تتخذ اتجاهات أفقية آو عمودية فتحدد الشكل العام للكهف، وتوجد الاشكال الكارستية بانواع مختلفة بعضها بارز فوق سطح الارض على شكل حفر مخروطية او طولية او حفر صغيرة غائرة، شكل رقم (4 – 21) مجموعة صور للحفر الكارستية والتي تمثل الدايولينDiwlen والسنك هولSinkhole والحفر الغائرة.

شكل رقم (4 – 21) مجموعة صور للحفر الكارستية



وتتطور الكهوف في المناطق الرطبة بسرعة اكبر مما في المناطق الجافة، وعليه أن ما تتضمنه المناطق الجافة من كهوف لا يعود الى الوقت الحاضر بل الى العصور المطيرة والجليدية (عصر البلايستوسين) ، وللكهوف اثر كبير في حياة الانسان ونشاطاته في الماضي والحاضر، إذ كانت تمثل الملجأ الأمن لسكن الانسان في العصور القديمة لحمايته من الظروف المناخية والحيوانات المفترسة، اما في الوقت الحاضر فأنها تعد من مصادر النترات التي تستخدم في صناعة المفرقعات والأسمدة الكيميائية وهي من فضلات الطيور التي تحتمي في تلك الكهوف.

كما تعد من المواقع السياحية المهمة في مناطق عدة من العالم مثل لبنان، حيث توجد مغارة جعيتا، وفي ولاية كنتكي الأمريكية كهف ماموث والذي كان سببا في أنشاء منتزه قومي في تلك المنطقة مساحته 240 كم^2، ويتكون الكهف من خمس مستويات يصل عمقها الى 110 م، ويجري في المستوى الأخير منه نهر باطني يسمى Echo والذي يصب بعد خروجه من الكهف في نهر جرين أحد روافد نهر اوهايو، ويصل امتداد ممرات هذا الكهف عدة كيلومترات يتراوح ارتفاعها مابين 1 و 30 م.

وتنتشر الكهوف أيضا في الدول الأوربية مثل سويسرا وفرنسا والنمسا ويوغسلافيا.

وتستخدم الكهوف في بعض الأحيان كملاجئ للوقاية من الحروب الذرية او كمخابئ سرية لاخفاء بعض الأمور او المواد التي تود بعض الدول إخفاءها.

وقد تتعرض بعض الكهوف الى الانهيار فينتج عنها جسور طبيعية كما حدث في فرجينيا. (7)

ومن المظاهر الناتجة عن المياه الجوفية الحفر البالوعية التي يتكون بعضها بشكل تدريجي وبطيء فتكون قليلة العمق وذات جوانب متوسطة الانحدار، والبعض يتكون بشكل سريع فتكون ذات جوانب شديدة الانحدار وعميقة وواسعة ومعظمها يوجد تحت سطح الارض، لذا تتعرض الطبقات الرقيقة التي تغطيها الى الانخساف او الهبوط فينتج عنها أضرار مختلفة وهذا ما حدث في حديقة ونتر بولاية فلوريدا عام 1981 والذي تسبب في هدم منزل وحوض سباحة المدينة وعدد من السيارات الواقفة بالقرب منه، ولم تكن الأولى من نوعها في تلك المنطقة بل البالوعة الثالثة خلال أسبوعين، ويعتقد البعض أن سببها انخفاض منسوب المياه الجوفية التي كانت ترتكز عليها ، ويتميز نظام صرف المياه في المناطق البالوعية بعدم وجود نظام صرف سطحي بل تنصرف المياه نحو البالوعات.[8]

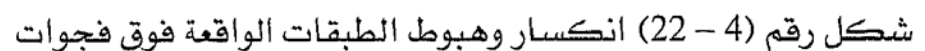
ومن المشاكل الأخرى الناتجة عن المياه الجوفية هو عند سحب كميات كبيرة من تلك المياه المتواجدة في طبقات سميكة من الرواسب غير المتماسكة فيؤدي سحب المياه الى ترك فراغات خلال تلك الرواسب فتتحرك نحو الأسفل فيحث انخساف في تلك المواضع، وهذا ما حدث بمنطقة سان جوان في كاليفورنيا حيث تسبب سحب المياه الى مستوى 30 م انخساف الى حوالي 3 م، وكذلك ما حدث في المكسيك فقد حفرت عدة أبار في منطقة كانت بحيرة قديمة فادى ذلك الى هبوط الارض في بعض المواضع مابين 6 و 7 م والذي أدى الى هبوط بعض العمارات بحيث انطمر الدور الاول وتحول مدخلها الى الدور الثاني.[9]

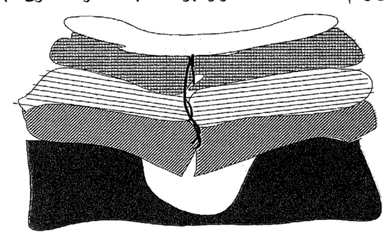
وقد تكون الفجوات الكارستية التي تتضمنها الصخور الجيرية على عمق بضع أمتار ولايمكن التعرف عليها ألا بدراسة متعمقة للموضع، ويحدث في بعض الأحيان كسر في الطبقات الواقعة فوق تلك الفجوة والذي يكون غير واضح في الطبقات السطحية، فعند إقامة أبنية فوق تلك المواضع سيؤدي ذلك الى زيادة الضغط

على منطقة الضعف فتهبط الطبقة المكسورة نحو الأسفل والتي تؤدي الى تدمير البناء المقام فوقها ، شكل رقم (4 – 22) .

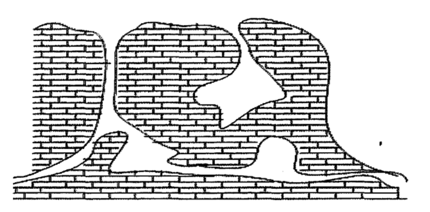
وهذا ما حدث في أرمينيا عام 1939 عندما كان أحد الفلاحين يقود جراره فوق إحدى الفجوات فهبطت به الى عمق 52م، وعليه تحتاج مناطق الصخور الجيرية الى دراسة مستفيضة لأنها تكون صلبة في مظهرها ألا أنها متآكلة من داخلها.[10]

ومن نتائج عمل المياه الجوفية توسيع الفواصل والشقوق الصخرية تدريجيا فتحولها الى ممرات تختلف في سعتها من مكان لآخر، وبعضها مفتوحة الى الخارج وأخرى مغلقة في الأعماق، حيث تنتقل المياه عبر تلك الممرات فتتوسع المناطق ذات التكوينات الضعيفة مكونة فجوات كبيرة تربط بينها ممرات ضيقة، شكل رقم (4 – 23 أ) وقد تستمر تلك الممرات في امتدادها الى المسطحات المائية القريبة كالبحار او الى مجاري الأنهار، أو تستمر المياه في الغور اسفل الأبنية فتعمل على إذابة الطبقات التي ترتكز عليها أسس الأبنية فتؤدي الى هبوطها كليا أو جزئيا، فتعمل على تدمير الأبنية، حيث تظهر في الجهات الهابطة شقوق تكون كبيرة إذا كان الهبوط واسعا وعميقا، شكل رقم (4 – 23 ب) .

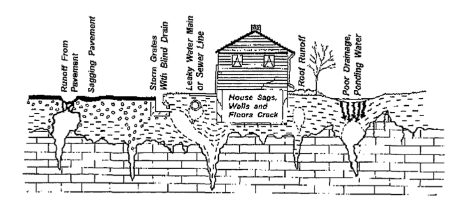

شكل رقم (4 – 22) انكسار وهبوط الطبقات الواقعة فوق فجوات



شكل رقم (4 – 23أ) ممرات وفجوات في الصخور الجيرية



شكل رقم (4 – 23 ب) هبوط مبنى



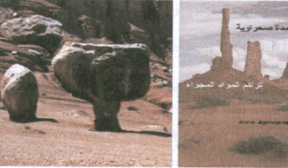
المبحث الخامس – التعرية الريحية وسبل الحد من آثارها:

تتميز الرياح عن بقية قوى التعرية بأنها حرة الحركة وتغير الاتجاه، وعملها واضح في المناطق الصحراوية والجافة التي تتعرض لعمليات التجوية على نطاق واسع فتعمل على تفكك مكونات التربة والصخور السطحية مما يسهل على الرياح تعريتها بعمليات التفريغ والتذرية والصقل والبري، فتنعكس أثارها على الانسان ونشاطاته المختلفة وخاصة في الوطن العربي الذي تحتل الصحراء نسبة كبيرة من ارضه تصل الى اكثر من 85٪، حيث توجد معظم مراكزه الاستيطانية ضمن هذا

النطاق أو تحت تأثير البيئة الصحراوية من حرارة وبرودة وتلوث، وقد شهدت بعض المناطق زحف صحراوي نحو الأراضي الزراعية المجاورة لها فأسهمت في انتشار ظاهرة التصحر، وينتج عن عمل الرياح وبالتضامن مع عمل المياه عند سقوط الامطار على تكون انواع مختلفة من الاشكال الارضية التي تتميز بها عما سواها من المناطق الاخرى، شكل رقم (4 – 24) مجموعة من صور بعض الاشكال الارضية الصحراوية.

شكل رقم (4 – 24) مجموعة من صور بعض الاشكال الارضية الصحراوية

















وتعمل الرياح السريعة القادمة من الصحراء على نقل الرمال والمفتتات الصخرية والأتربة والحصى الذي يتدحرج على الارض او ينتقل بالقفز والتي تصطدم بالمنشآت العمرانية واعمدة الكهرباء والهاتف فتعمل على تأكلها ، اما الرمال المتحركة فتتجمع فوق الطرق وسكك الحديد فتعرقل السير عليها فضلا عن مشاكل الرؤية ، كما تعمل التعرية الريحية على تخفيض بعض المناطق ذات التكوينات الهشة وتظهر الصخور الصلبة بارزة في مثل تلك الأماكن، في حين يترسب ما تحمله الرياح في أماكن معينة عندما تنخفض سرعتها فتعمل على رفع منسوبها ودفن ما عليها من نشاط بشري زراعي او صناعي او عمراني، وعليه يجب اتخاذ بعض التدابير اللازمة للحد من أثار الرياح ومنها ما يأتي:

1) إحاطة المراكز الحضرية بحزام اخضر من الأشجار المتباينة الارتفاع قصيرة وطويلة لتقلل من سرعة الرياح القادمة من الصحراء فتترسب اكبر كمية من الغبار الذي تحمله الرياح وخاصة الخشنة منها ، وعرقلة المتدحرجة والقافزة منها ، كما أنها تسهم في خفض حرارة الهواء لأنها تمتص الحرارة منه ورفع رطوبته بواسطة عملية النتح.

2) تثبيت الكثبان الرملية وبأساليب متعددة من أهمها ما يأتي:

أ. رش مواد تعمل على تماسك الطبقات السطحية من الكثبان الرملية فتمنع التي تحتها من التطاير مثل الإسفلت او النفط الأسود او مواد طينية.

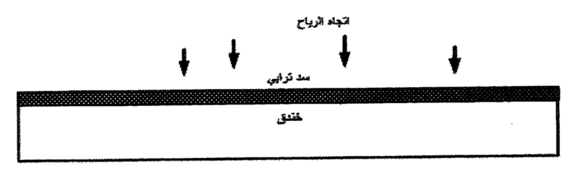
ب. تغطية الكثبان الرملية بالحصى الخشن والناعم وبسمك لايقل عن 20 سم لمنع تطايرها.

ج. عمل اسيجة من النباتات اليابسة أو حائط من طين او الصخور يعمل على حجز الرمال ويحول دون وصولها الى المناطق التي يراد حمايتها ، ويفضل أن لاتكن بشكل متعامد على اتجاه الرياح بل بشكل مائل نحو الجهة التي يمكن أن تنحرف أليها الرياح لتغير مسار اتجاه الرمال التي تحملها عن الوضع السابق.

د. عمل خنادق بشكل متعامد على اتجاه الرياح لتجميع الرمال التي تسير فوق سطح الارض وخاصة المتدحرجة والقافزة، كما تعمل سواتر من التراب الذي تم حفره من جهة هبوب الرياح لتخفيف سرعتها وترسيب ما تحمله من أتربة داخل الخندق، شكل رقم (4 – 25) يبين اسلوب حفر الخنادق.

3) تغليف المنشآت والأبنية واعمدة الكهرباء والهاتف في المناطق الصحراوية بمادة تقاوم تأثير التعرية الريحية وخاصة الأجزاء السفلى منها وعلى ارتفاع 1 – 2 م.

شكل رقم (4 – 25) يبين اسلوب حفر الخنادق



4) أيجاد تصاميم للمساكن والوحدات السكنية بما يتلاءم والبيئة الصحراوية، بحيث يؤخذ بنظر الاعتبار المناخ السائد من جميع الجوانب مثل اتجاه هبوب الرياح وزاوية أشعة الشمس، و تصميم الشوارع والمناطق الخضراء بما ينسجم مع خصائص تلك البيئة والحد من آثارها السلبية.

المبحث السادس – التعرية الجليد يه:

يعد الجليد من العوامل التي أسهمت في تشكيل سطح الارض من خلال تعرية المنحدرات والأودية التي تمر بها وبطريقتين هما :

1) تفتيت الصخور المتجمدة في قاع الأودية وجوانبها وسفوح المرتفعات، والتقاط تلك المفتتات وجرفها بواسطة الثلاجات.

2) تأكل التكوينات التي تمر فوقها الثلاجات بواسطة ثقل كتلة الجليد وضغطها واحتكاك الصخور التي تحملها بالقاع والجوانب، وقد ينتج عن عمليات التعرية الجليدية تغير مظهر سطح الارض وتكون العديد من الأشكال الأرضية مثل الأودية الجليدية والمعلقة والحلبات الجليدية والحافات الجبلية والقمم الهرمية وغيرها.

و تعد الحلبات الجليدية من الأشكال التي تشهد تطورات تؤثر على المظهر العام للمرتفعات التي تتضمنها ، فهي تتكون في أعالي المرتفعات وتمثل بداية أودية تنحدر من أعلى تلك المرتفعات، حوضية الشكل وتمتلئ بالثلوج تارة والمياه تارة أخرى عند ذوبانها ، فتؤدي تلك العملية الى توسيع وتعميق الحلبات لما يترتب على عمليتي الانجماد والإذابة من تحلل وتفكيك لمكونات الصخور والتي تنقلها المياه الجارية من تلك الحفر فيزداد عمقها بمرور الزمن، كما تسهم هذه العملية في تقويض سفوح الجبال وتحويلها الى منحدرات شديدة تنعكس أثارها على النشاط البشري فوق تلك السفوح واسفلها.

وقد تؤدي التعرية المستمرة في الحلبات المتقاربة الى تأكل مساحات كبيرة من تكوينات السفوح العليا للمرتفعات ذات القمم المنفردة فتتحول الى حافات جبلية حادة وقمم هرمية مدببة من الأعلى.[11]

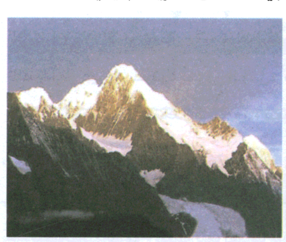
ومن نتائج عمليات الانجماد والإذابة التي تتعرض لها السفوح حدوث عمليات الانزلاق والهبوط وذلك لما ينتج عن الثلوج من ثقل في مواضع تجمعها وما ينتج عن المياه من قلة تماسك مكونات السفوح.

اما الرواسب الناتجة عن التعرية الجليدية فقد تعمل على تغطية اسفل السفوح وطمرالاودية الصغيرة ومساحات واسعة من الأراضي الواقعة اسفل تلك الجبال، وعليه تكون السفوح المعرضة للتعرية الجليدية غير مستقرة، وكذلك التي تغطيها الرواسب الجليدية الضعيفة التماسك.

ومن الجدير بالذكر أن تأثير الانجماد والذوبان لا يقتصر على المناطق المرتفعة فقط بل يشمل جميع المناطق التي تغطيها الثلوج، ويكون التأثير متباين حسب صلابة الصخور التي تتكون منها كل منطقة، حيث يكون التأثير واضحا في المناطق الهشة او ضعيفة التماسك والتي تتضمن فواصل وشقوق وأخاديد وحفر إذ تتركز فيها عمليات التعرية والتجوية فتؤدي الى تضرس مثل تلك المناطق، شكل رقم (4 – 26) صور تبين اشكال التعرية الجليدية.

شكل رقم (4 – 26) صور تبين اشكال التعرية الجليدية







المبحث السابع – اثر المناخ على التعرية:

ظهرت دراسات متنوعة حول علاقة المناخ بالتعرية والتجوية وتكون مظاهر السطح، والتي اتخذت تسميات عديدة مثل الجيومورفولوجيا المناخية ويتناول هذا الاختصاص اثر عناصر المناخ على سطح الارض ولفترة طويلة من الزمن والتي عملت على تغيير مظاهر السطح بسبب التغيرات التي شهدها المناخ بمرور الزمن، والمورفومناخية ويتناول اثر المناخ على النظام البيئي الذي يؤدي بدوره الى تغير مظاهر السطح نتيجة لتنوع المناخ والنبات الطبيعي والتربة. اما المورفوجينية فيتناول دراسة تصنيف التربة والنبات الطبيعي على أساس المناخ، أي تتناول جميع الدراسات المذكورة الآثار المباشرة وغير المباشرة للمناخ، فالمباشرة تتمثل بالتعرية المائية المطرية والهوائية والثلجية، اما غير المباشرة تتمثل في التجوية بنوعيها الميكانيكية والكيميائية، إذ تسود الأولى على نطاق واسع في المناطق الجافة الصحراوية والثلجية، في حين تحدث الثانية في المناطق الرطبة.

والتعرية لاتكن على وتيرة واحدة في جميع المناطق بل تتباين من مكان لاخر اعتمادا على تنوع المناخ، إذ يتميز كل إقليم مناخي بمظاهر تضاريسية تختلف عن الأقاليم الأخرى، حيث لم تكن تلك المظاهر وليدة الظروف المناخية الحالية بل تعود الى الأزمنة الجيولوجية القديمة.

وقد أجريت عدة دراسات لتقسيم الكرة الأرضية الى أقاليم مناخية الاان تداخل تلك الأقاليم وظهور مناطق انتقالية كان من المشاكل التي تواجه ذلك، ومن تلك الدراسات دراسة كوربل عام 1964 التي أوضح فيها فعل التعرية في الأقاليم المورفومناخية المختلفة والتي اعتمد في تصنيفها على الموقع الفلكي أي الموقع بالنسبة لدوائر العرض والحرارة والأمطار، وقد أظهرت النتائج التي توصل أليها ان فعل التعرية يقدر بحوالي 1 م^3 في كل 1 كم^2 سنويا، وهذا يتناسب مع انخفاض مستوى الارض بمعدل 1 م كل 610 سنة، كما أظهرت تلك الدراسة أن التعرية في المناطق الرطبة الباردة تفوق ما في المناطق الرطبة الحارة. وعلى العموم تكون التعرية نشطة في المناطق المرتفعة الرطبة اكثر من المنبسطة.(12)

وقد اختلف الباحثون في تحديد معدلات التعرية في ظل الظروف المناخية المختلفة ويمكن ملاحظة ذلك في الدراسات التي آجراها كل من كوربل وقورنيه وستراخوف وشوم، وكانت حصيلة تلك الدراسات ما يأتي:

1) قام كوربل الإنكليزي بدراسة 80 منطقة تجميع مياه واعتبر الحرارة والتساقط العاملان المناخيان المؤثران، وان حجم التضاريس عامل طوبوغرافي مؤثر، فكانت التعرية في المناطق الجبلية بمعدلات أعلى مما في المناطق السهلية بخمسة أضعاف او اكثر في نفس الظروف المناخية، ووجد كوربل في حصيلة دراساته أن الترسيب على اليابس عدا المناطق الجبلية والجليدية يساوي (3824×10^6 م^3) وهو ما يساوي معدل تخفيض سنوي للأرض مقداره (28.، . ملم) وان حوالي 48٪ من المادة المترسبة تنتقل الى البحار كمادة مذابة و 52٪ مادة عالقة.

2) قام فورنيه الفرنسي بجمع حصيلة ترسبات التساقط السنوي والفصلي وكثافة التصريف في 78 حوض نهري فتوصل الى أن متوسط معدل التخفيض لكل جهات العالم القارية تقدر بحوالي 0.4 ملم سنويا وهو اكبر من تقدير كوربل.

3) دراسة قام بها سترا خوف الروسي للتعرية التي حدثت في 60 نهر كبير وفي ظروف مناخية مختلفة، فكانت النتائج أن معدل تخفيض الأرض يتراوح مابين (0.2 و 0.4 ملم) سنويا، ويتميز جنوب شرق أسيا بشكل واضح في هذا المجال ويصل الى حوالي 0.35 ملم سنويا.

4) دراسة شوم والتي اعتبر التضاريس والصرف عاملين أساسيين في تقدير كمية الترسبات فتوصل من تجاربه الى ان سطح الأرض ينخفض بمعدل يتراوح مابين 0.3 و 0.9 ملم سنويا.[13]

المبحث الثامن – قياس التعرية:

أن قياس التعرية عملية معقدة تكتنفها الكثير من الصعاب ومع ذلك جرت عدة محاولات لقياسها في أماكن مختلفة من العالم، وكان التركيز على التعرية المائية وخاصة الجارية والناتجة عن سيول الزخات المطرية او مياه الانهار، ومن خلال تجارب حقلية ومختبريه وكما يأتي:

أولاً – القياسات الحقلية:

يعتمد قياس التعرية حقليا على طرق بسيطة ولكن غير دقيقة، كما لايمكن تعميم النتائج على جميع المناطق في العالم لتباين العوامل التي تتحكم في التعرية من مكان لاخر.

وعلى أية حال لا يوجد بديل عن ذلك ويمكن الاستفادة من النتائج في المناطق المتشابهة الظروف والعوامل المؤثرة على التعرية، ومن الطرق المتبعة في التجارب الحقلية ما يأتي:

1 – استخدام طريقة الاوتاد:

تعتمد الطريقة على استخدام أوتاد حديدية او خشبية متساوية الطول تثبت في المناطق التي يراد قياس التعرية فيها وتوزع على تلك المساحة بأبعاد متساوية وتكون الأجزاء البارزة منها فوق الارض متساوية الارتفاع، وبعد فترة زمنية محددة يراد قياس التعرية المطرية او المائية خلالها، طويلة أم قصيرة أي قد تكون خلال فصل مطير او لمدة سنة او عدة سنوات، إذ تعمل المياه الجارية على تعرية الطبقة السطحية من تكوينات تلك المنطقة فينخفض منسوبها فينتج عن ذلك زيادة طول الوتد الظاهر فوق الارض وبدرجات متفاوتة حسب قوة التعرية وطبيعة صلابة التكوينات، حيث تتركز التعرية في المناطق الأقل صلابة.

ومن خلال حساب الفرق في ارتفاع الأوتاد قبل وبعد التعرية ومن ثم جمع تلك الفرو قات وتقسيمها على عدد الأوتاد يمكن معرفة معدل التعرية في تلك المنطقة خلال الفترة الزمنية المحددة للقياس.

فعلى سبيل المثال كان عدد الأوتاد 50 وكان الفرق في ارتفاعها قبل وبعد التعرية كالأتي:

18 وتد الفرق في القياس 2 سم مجموع الفرق 36 سم.

16 وتد الفرق في القياس 5.1 سم مجموع الفرق 24 سم.

16 وتد الفرق في القياس 5.2 سم مجموع الفرق 40 سم.

∴ مجموع الفرو قات 100 سم وعليه معدل التعرية = $\frac{100}{50}$ = 2سم

وتعد هذه الطريقة سهلة التطبيق وتعطي مؤشرات واضحة عن التعرية في المناطق التي تتعرض لها على نطاق واسع.

2- طريقة المقارنة:

يستخدم اسلوب المقارنة لبيان شدة التعرية في منطقتين إحداهما مغطاة بالنبات وأخرى خالية منه، او بين منطقتين مختلفتين في الانحدار ومتشابهتي التكوين وذات مساحات متساوية، ويتم توجيه المياه المارة فوق تلك المناطق نحو خزانات تتجمع فيها تلك المياه وما تحمله من رواسب جرفتها من المناطق التي مرت عليها. وبعد توقف الجريان يتم جمع الرواسب في كل حوض وقياس كميتها بوحدة قياس الحجوم مثل سم^3 اوم^3، ومن المقارنة بين كمية الرواسب المتجمعة في حوض كل منطقة يتضح أي المناطق اكثر تعرضا للتعرية وهي الأكثر رواسب، فعلى سبيل المثال كان مقدار الرواسب المتجمعة من المنطقة الأولى التي مساحتها 50 م^2 $\frac{1}{2}$ م^3 أي معدل التعرية 1 سم، أما المنطقة الثانية وهي نفس المساحة ألا أن كمية الرواسب المتجمعة $\frac{1}{4}$ م^3 أي معدل التعرية 5، . سم وعليه يكون الفرق في التعرية بين الاثنين 0، 5 سم.

3 – قياس التعرية الاخدودية:

تتعرض بعض المناطق وخاصة الصحراوية الى عمليات التعرية الاخدودية خاصة في المناطق ذات التكوينات الطينية السميكة والتي تتوفر فيها مجاري او مسيلات مائية تتجمع عندها المياه وتكون ذات انحدار يصل الى حوالي 4° فتؤدي سرعة الجريان الى حفر الارض لتحولها الى تكوينات طينية بسبب تشبعها بالمياه فتتركز شدة التعرية في قاع المجرى فيتعمق بشكل واضح، فيعمل على ازالة كميات كبيرة

من تلك الارض، ويمكن قياس كمية التكوينات التي ازيلت من خلال قياس طول وعرض الحفرة وضربهما ببعض فنحصل على حجم الكميات المزالة، وقد تحتاج تلك العملية الى اتخاذ عدد من الخطوات منها تحديد ابعاد منطقة الدراسة والفترة الزمنية، أي التعرية خلال سنة او اكثر، ويتم وضع علامات دلالة ثابتة تبين مجال عمليات التعرية التي حدثت خلال المدة المحددة، مثال منطقة تعرضت الى عمليات التعرية وكان طولها 10 م وسعتها 4 م وعمقها 1 م، فيكون حجم التعرية خلال الفترة المحددة = 10×4×1=40م^3 من الرواسب تمت ازالتها بواسطة التعرية الاخدودية.

4 – استخدام الاستشعار عن بعد ونظام surfer في قياس التعرية الاخدودية

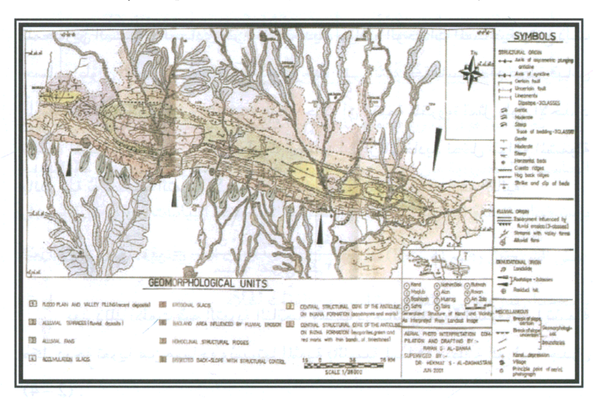
شهدت الدراسات الجغرافية ثورة كبيرة في مجال التقنيات الحديثة التي تستخدم في تحليل البيانات والمعلومات الكمية والنوعية، فقد كان للاجهزة والمعدات وبرامجيات الحاسوب المختلفة الدور الفاعل في النهوض بالبحث الجغرافي عامة والجيومورفولوجي خاصة، وقد تم استخدام الاستشعار عن بعد في قياس التعرية الاخدودية والتي كانت مهملة الى وقت قريب في الدراسات الجيمورفولوجية، وسنعرض دراسة حول ذلك للدكتور محمد يونس سليم من جامعة الموصل، حيث

تم الاعتماد على خارطة شبكة صرف المياه السطحية (1: 38000) المعدة باستخدام الصور الجوية، وكذلك الشكل رقم (4 – 27) خريطة التعرية الأخدودية لمنطقة الدراسة، حيث عمل بيرجسما (Bergsma، 1983) على تصنيف التعرية الأخدودية إلى سبعة درجات وذلك لكونه ملائما لتصنيف التعرية الأخدودية والجدول (4 – 1) يوضح فقرات النظام المتبع في التصنيف.

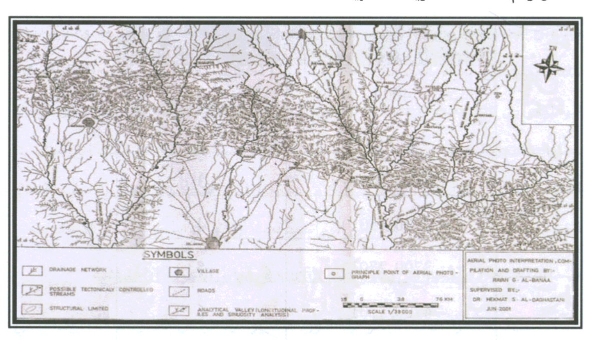
الجدول (4 – 1) يوضح فقرات النظام المتبع في التصنيف.

درجة التعرية	طول الأخدود م/كم
1	400.1
2	1000-401
3	1500. 1001
4	2700. 1501
5	3700. 2701
6	4700. 3701
7	أكثر من 4700

شكل رقم (4 – 27) خريطة الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة (البناء، 2002)



شكل رقم (4 – 28) خريطة تصريف المياه السطحية لمنطقة الدراسة (البناء، 2002)



إن الأسلوب المتبع في مثل هذا التحليل هو تقسيم خريطة شبكة المياه السطحية إلى شبكة من الوحدات المساحية وإعطاء الشبكة حروف وأرقام للمحورين السيني والصادي من اجل تحديد مواقع الوحدات المساحية. يتبع ذلك حساب أطوال الأخاديد في كل موقع أو وحدة على الشبكة باستخدام عجلة قياس المسافات الأفقية والمنحنية Curvimeter، حيث أن القيمة المقروءة تمثل طول الأخدود لوحدة المساحة (م/كم^2) ، وبعد أن تم حساب أطوال الأخاديد لكل المواقع المشمولة بالدراسة تم حساب التعرية الأخدودية لكل موقع باستخدام العلاقة التالية:

$$\text{التعرية الأخدودية للموقع} = \frac{\text{أطوال الأخاديد في الموقع / م}}{\text{مساحة الموقع / كم}^2}$$

بعد ذلك نظمت قيم التعرية الناتجة حسب درجات التعرية السبعة وما تشمله كل درجة تعرية من مساحة ونسبتها المئوية بالنسبة لمساحة منطقة الدراسة جدول (4 – 2).

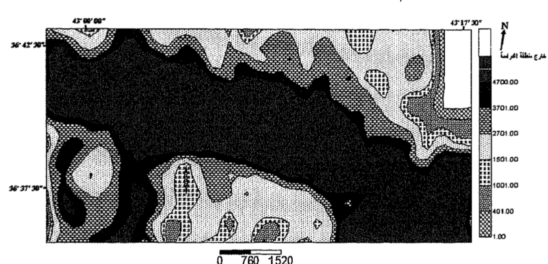
الجدول (4 – 2) درجات التعرية ومساحة كل درجة ونسبتها المئوية

من منطقة الدراسة

درجة التعرية	عدد المواقع	المساحة كم^2	النسبة المئوية
1	7	3.6	80.1
2	29	1.26	48.7
3	22	8.19	67.5
4	62	8.55	98.15
5	64	6.57	50.16
6	46	4.41	85.11
7	158	2.142	72.40
المجموع	388	722.34	٪100

تم إدخال قيم التعرية لجميع المواقع وإحداثياتها (السيني والصادي) عن طريق الحاسبة الإلكترونية من اجل إعداد خارطة كنتورية تمثل درجات التعرية السبعة بإستخدام النظام الحاسوبي (Surfer 32) لمعالجة هذه البيانات، وقد تم الحصول على الشكل رقم (4 – 29) خريطة تمثل درجات التعرية في منطقة الدراسة بإستخدام تدرج لوني عشوائي يتناسب مع الفئات أعلاه.

الشكل رقم (4 – 29) خريطة تمثل درجات التعرية الأخدودية



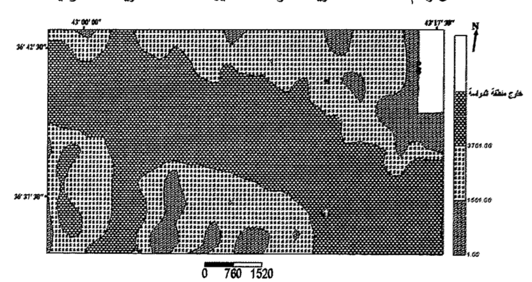
وقد تم تقسيم درجات التعرية السبع إلى ثلاث انطقه بالاعتماد على توزيع النسب المئوية للمساحات المبينة في الجدول (4 – 2) ، إذ شمل النطاق الأول والذي يمثل نطاق التعرية الخفيفة على الدرجات (1 ، 2 ، 3) والذي شكل نسبة (14. 95٪) من المساحة الكلية ، أما النطاق الثاني فقد شمل الدرجات التعرية (4، 5 ، 6) وهو يمثل نطاق التعرية المتوسطة ويشكل نسبة (44. 33٪) من المساحة الكلية ، في حين شكل النطاق الثالث الذي يمثل التعرية الشديدة والمتمثل بالدرجة (7) نسبة (40. 72٪) من المساحة الكلية ، وفي ضوء هذا التقسيم الثلاثي لنطاقات التعرية أدخلت قيم التعرية المشمولة بكل نطاق من الأنطقة الثلاث إلى الحاسبة وباستخدام نظام (Surfer 32) وقد تم إعداد الخريطة رقم (4 – 30) والتي تمثل نطاقات التعرية الثلاث وتوزيعها على منطقة الدراسة.

والجدول (4 – 3) يبين النطاقات الثلاث من التعرية الأخدودية لمنطقة الدراسة.

الجدول (4 – 3) يبين النطاقات الثلاث من التعرية الأخدودية لمنطقة الدراسة

درجة التعرية	نوعها	المساحة كم²	النسبة المئوية
1 ،2 ،3	خفيفة	2.52	95.14
4 ،5	متوسطة	4.113	33.44
6 ،7	شديدة	6.183	72.40
المجموع		846.12	٪100

شكل رقم (4 – 30) خريطة موضحا عليها انطقه التعرية الاخدودية



4 – المشاكل الناجمة عن التعرية

إن معدل المطر المتساقط والجريان السطحي وعوامل التعرية الأخرى المناخية وجيومورفولوجية وجيولوجية المنطقة والميل لها دور كبير في حدوث التعرية السطحية والتي تقوم بدورها بإحداث بعض التشوهات في سطح الأرض.

وهناك أنواع كثيرة من التعرية والتي تكون قوية ومؤثرة (Severe erosion) وتؤدي إلى فقدان وضياع جزء من التربة قد يصل مابين (5 – 20 ملم) ، حيث تقوم بجرف التربة في زمن قصير. وهناك نوع من التعرية يطلق عليها التعرية المأساوية (Catastrophic erosion) حيث تكون شديدة جدا وتؤدي إلى إزالة ما يعادل (2000م^{3}/هكتار/سنة)، حيث تقوم بتدمير الطبقة العليا من التربة (Suresh، 2000) .

ومن انواع التعرية الشديدة التعرية الأخدودية Gully erosion التي تتكون من خلال الجريان السطحي المتزايد والذي يكون ذا سرعة وقوة عالية والتي بدورها تكون كافية لنقل وإبعاد أجزاء التربة الواقعة ضمن خط الجريان، وقد يؤدي الجريان في جانبي الأخاديد إلى انزلاق كتلة من التربة والتي بدورها تؤثر على المنشآت الهندسية التي تشيد في الوديان لحجز المياه لغرض الاستخدامات المتنوعة، ويمكن السيطرة على مثل هذا النوع من التعرية وذلك بتشييد سدود أو جدران للسيطرة على الجريان، ومن أهم هذه المنشآت الهندسية السدود المانعة (Check dam) .

ومن انواع التعرية الاخرى التعرية النفقية . (Tunnel erosion) التي تحدث في باطن الأرض من خلال جريان الماء في الشقوق، والتي ينتج عنها تعرية وتجوية بسبب الاحتكاك وسرعة الجريان وتقوم بتوسيع تلك القنوات تحت سطح الأرض، وقد تنهار وتنخسف الطبقات العليا وتؤدي إلى حدوث تصدعات في المنشآت الهندسية.[14]

ثانياً – استخدام المحطات التجريبية:

أجريت تجارب متنوعة على التعرية في محطات تجريبية ثابتة ومتغيرة، ففي الثابتة او الدائمة يكون الاعتماد على وحدات تجريبية محددة بحواجز وذات

مساحات معلومة، ودرجة انحدار وطول منحدر ونوع تربة متشابهة أو مختلفة حسب الغرض من التجربة، ويتم استخدام عدد من الوحدات التجريبية حسب الهدف من تلك التجربة، وعلى العموم يكون على الأقل وحدتين لكي تجري المقارنة بينهما.

ولغرض التعرف على طبيعة التعرية في ظل نوعين من المحاصيل الزراعية على الأقل وفي كل حالة يستخدم نوعين من الأراضي وفي كل مرة تكون الحاجة الى أربع وحدات، وبتكرار التجربة مرتين تكون الحاجة الى ثماني وحدات تجريبية أبعاد كل وحدة بين 22× 1، 8 م و 50× 2، 5 م، وتصنع حواف تلك الوحدات التجريبية من المعدن أو الخشب وتكون غير نفيذة وغير قابلة للتآكل وارتفاعها ما بين 15 و 20 سم فوق سطح التربة، ويوجد في نهاية كل وحدة تجريبية أحواض لتجميع المياه الحاملة للرواسب، ومن ثم تجميع تلك الرواسب ومعرفة حجمها في كل وحدة، ومن ثم المقارنة بين تلك الوحدات التي يقع كل واحد منها تحت تأثير عامل معين من العوامل المؤثرة في التعرية، فيتضح أيهما اكثر تأثيرا.[15]

ثالثاً – قياس عام للتعرية

مثل كمية الرواسب التي تحملها مياه الانهار وتتجمع أمام السدود وخاصة أوقات الفيضان والتي تعبر عما تفقده أحواض الانهار من رواسب بواسطة التعرية خلال فترة زمنية محددة والتي على ضوئها يمكن تقدير ما يفقده الحوض من رواسب، ومقدار انخفاض سطح الارض بصورة عامة والمشاكل المترتبة على ذلك.

وكان من نتائج الدراسات عن الانهار أن انهار جنوب شرق أسيا تتميز بمعدلات تعرية عالية ومن المتوقع انخفاض أحواضها بمعدل 7.2 ملم سنويا، كما في حوض النهر الأصفر. اما في الولايات المتحدة الأمريكية فيقدر بحوالي 0.24 ملم سنويا.

كما يمكن قياس الترسبات المتجمعة أمام السدود المقامة على الانهار ومن خلال مقارنة الخرائط الكنتورية للخزانات عند إنشائه وبعد فترة من الزمن فيظهر الفرق بينهما في ارتفاع قاع الخزان وهذا يعني أن الرواسب ناتجة عن تعرية الحوض، وقد طبقت تلك الطريقة على خزان بحيرة ميد على نهر كلورادو التي حجزت فيها المياه من عام 1935 لغاية 1948 فتبين أن الرواسب التي تجمعت عند رأس البحيرة وصل سمكها الى 73م وعند السد 30م، حيث بلغت كمية الرواسب التي وصلت البحيرة خلال تلك الفترة 1775 مليون طن، أي بمعدل 127 مليون طن سنويا.

كما اعتمد الباحثون طرق أخرى لمعرفة معدل التعرية وهي ألد لتوات الناتجة عن الارساب النهري مثل دلتا نهر نيفي أمام ساحل كاليفورنيا كان حجم الترسبات 56 كم^3 ناتجة عن تعرية تعرض لها حوض النهر الذي تصل مساحته الى 6500 كم^2، وتم تقدير الفترة الزمنية التي تكونت خلالها الدلتا فقدرت بحوالي 15 ألف سنة، ويكون معدل التعرية حوالي 0.6 ملم سنويا.[16]

مراجع الفصل الرابع

1) د. عبد المنعم بلبع ود. ماهر جو رجي نسيم ؛ تصحر الأراضي في الوطن العربي، منشأة المعارف ألا سكندرية 1990 ص 86.

2) د. محمد سامي عسل؛ الجغرافيا الطبيعية، مكتبة ألا نجلو المصرية 1983 ص346.

3) د. محمد خميس الزوكة؛ البيئة ومحاور تدهورها وأثارها على صحة الانسان، دار المعرفة الجامعية ألا سكندرية 2000 ص 254.

4) د. عبد المنعم بلبع وزميله؛ تصحر الأراضي في الوطن العربي، مصدر سابق ص90.

5) د. محمد عبده العوادات ود. عبد الله بن يحيى ؛ التلوث وحماية البيئة، مطابع جامعة الملك سعود، ط 3 المملكة العربية السعودية 1997 ص 301.

6) د. جودت حسنين جودت ؛ جغرافية البحار والمحيطات، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت 1981 ص 252.

7) عبد الإله رز وقي كربل ؛ علم الأشكال الأرضية، الجيومورفولوجيا؛ مصدر سابق ص 235.

8) إدوارد جي. تاربوك وفر يدريك ك. لوتجنز؛ الأرض، مقدمة للجيولوجيا الطبيعية، مصدر سابق ص 285.

9) المصدر السابق، ص 275.

10) د. محي الدين بنانة؛ الجيوهندسية التطبيقية، مصدر سابق، ص 169

11) د. جودت حسنين جودت؛ معالم سطح الأرض، مصدر سابق، ص 444.

12) د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا، دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الارض، ط 3، مؤسسة الثقافة الجامعية، القاهرة 1976 ص 119.

13) د. محمد سامي عسل؛ الجغرافيا الطبيعية، مصدر سابق وص 322 – 323.

14) د. محمد يونس مسلم؛دراسة التعرية الاخدودية لتركيب قند شمال غرب العراق، بحث منشور على موقع الانترنت www. arabgeographers. net

15) د. عبد المنعم بلبع وزميله؛ تصحر الاراضي الجافة في الوطن العربي، مصدر سابق، ص 97

16) د. محمد سامي عسل؛ الجغرافيا الطبيعية، مصدر سابق، ص 317.

الفصل الخامس

الأنهار .... دراسة جيوهيدرومورفومترية

الفصل الخـامس

الأنهار..... دراســة جيوهيدرومورفومترية

تعني التطبيقات الجيوهيدرومورفومترية استخدام الطرق والأساليب والمعدات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية في دراسة الانهار وصفيا وكميا، للتعرف على الخصائص العامة لأحواضها وأوديتها وقنواتها، وطبيعة عملها الجيومورفولوجي من تعرية وارساب، وما ينتج عن ذلك من مظاهر متنوعة، والتطور المورفولوجي لقناة النهر التي تنعكس أثارها على النشاط البشري المرتبط بالنهر الاقتصادي اوالعمراني.

وفي هذه الدراسة يتم تناول الجوانب الأساسية ذات العلاقة بالجيومورفولوجيا التطبيقية والحقلية للتعرف على خصائص الأحواض والأودية والقنوات.

المبحث الأول – الخصائص المورفو مترية للحوض:

يعني حوض النهر او الوادي جميع الأراضي المحيطة بهما والتي تزودهما بالمياه عن طريق الجريان السطحي او الجوفي، ويفصل الأحواض عن بعضها أراض مرتفعة تمثل أعلى نقطة فيها منطقة تقسيم المياه بين الأحواض، ويطلق على الحدود الفاصلة بينها خط تقسيم المياه، وهو خط يحيط بالحوض مارا بأعلى النقاط المرتفعة المحيطة به ليمثل الحد الفاصل بين حوض واخر، ويظهر واضحا في الخرائط الطوبوغرافية الخاصة بتلك الأحواض والتي تتخذ أشكالا مختلفة كالدائري والبيضوي والمستطيل والكمثري او المخروطي، شكل رقم (5 – 1) اشكال الاحواض.

شكل رقم (5 – 1) أشكال الأحواض



ويزداد التصريف كلما كان الحوض كبيرا والأودية موزعة على جميع مساحته بشكل يغطي كل الحوض. ولغرض زيادة الإيضاح سيتم تناول التطبيقات المتعلقة بالأحواض وكما يأتي:

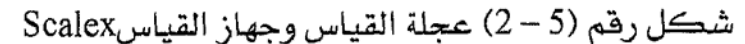
أولاً – الخصائص الهندسية

1 – مساحة الحوض

تقاس مساحة الحوض بعد تحديد الحد الفاصل بين الاحواض المتجاورة، حيث يمثل خط تقسيم المياه الحد الذي يفصل بين الاحواض المتجاورة، ريتم قياس الحوض بعدة طرق منها:

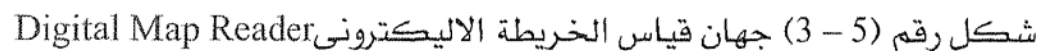
أ) استخدام عجلة القياس: يوجد نوعان من عجلات قياس مساحة الخرائط، الاول دائري ويشبه البوصلة وتتضمن قرص دائري صغير في نهايتها ومؤشر يشبه ميل الساعة يتحرك فوق قرص مقسم الى كيلومترات وامتار، عندما تمرر فوق محيط الحوض يسجل المؤشر مقدار مساحته.

ب) جهاز قياس يسمى Scalex Map Wheel والذي يعد اكثر دقة وحداثة من النوع السابق والذي يكون مستطيل الشكل ويتضمن شاشة ومفاتيح وعجلة صغيرة في اسفله، عندما تمرر فوق محيط الخريطة يظهر على الشاشة مساحتها، وتعد طريقة سهلة وبسيطة وذات نتائج جيدة، كما يستخدم الجهاز في قياس اي مسافة طولية، ويمكن خزن بيانات وجداول في هذا الجهاز، شكل رقم (5 – 2) عجلة القياس وجهاز القياسScalex .[1]

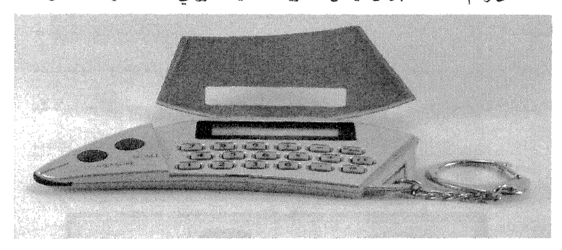

شكل رقم (5 – 2) عجلة القياس وجهاز القياسScalex



ج) Digitizer قلم المتتبع الاليكتروني، و يعد من اكثر وسائل القياس سرعة ودقة، حيث يتضمن الجهاز شاشة صغيرة ومجموعة مفاتيح، وعجلة في نهايته المدببة والتي تتحرك فوق محيط الخريطة فتظهر النتائج على الشاشة الصغيرة، كما توجد اجهزة اخرى مشابهة منها جهاز قياس الخريطة الاليكترونيDigital Map Reader شكل رقم (5 – 3).[2]



شكل رقم (5 – 3) جهان قياس الخريطة الاليكترونيDigital Map Reader



د) طريقة المربعات: وتعد اكثر صعوبة من الطريقة الاولى وتحتاج وقت وجهد اكثر، وتكمن الطريقة بتقسيم الحوض الى مربعات متساوية المساحة، فيتم حساب عدد المربعات الكاملة الواقعة ضمن الحوض وتضرب بمساحة المربع، اما المربعات غير الكاملة فتحول الى اشكال اخرى مثلثة او مستطيلة وتستخرج مساحتها وتضاف الى النتيجة الاولى التي تم الحصول عليها من المربعات الكاملة، فيمثل المجموع مساحة الحوض.

2 – طول الحوض:

يمثل طول الحوض المسافة بين أقصى نقطة تقع عند بداية الحوض إلى ادنى نقطة عند المصب، ويتم قياس ذلك باستخدام مسطرة توضع من بداية الحوض من

جهة المنبع حتى المصب، وبعد معرفة تلك المسافة بالسنتمتر يتم الرجوع الى مقياس رسم خريطة الحوض لمعرفة ما يساوي 1 سم على الأرض، فيضرب عدد السنتمترات بمقياس الرسم، فيمثل الناتج طول الحوض، شكل رقم (5 – 4)حوض نهر موضح عليه طول الحوض .

مثال:

كان طول حوض 15 سم على الخريطة، وكان مقياس رسم خريطة الحوض $\frac{1}{400000}$ ، اي كل 1 سم يساوي 4 كم، وعليه يكون طول الحوض 15×4=60 كم

3 – عرض الحوض:

ان التعرف على عرض الحوض يمكن بإحدى الطريقتين هما :

أ – قسمة مساحة الحوض على طوله. [3]

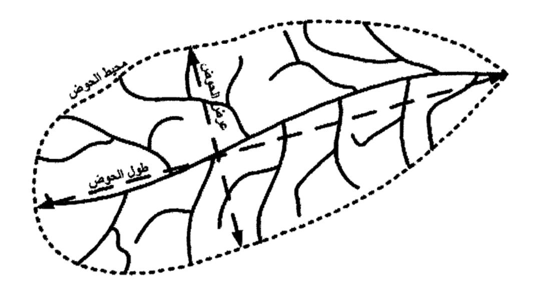
مثال: حوض مساحته 75 كم^2 وطوله 25 كم، سيكون عرض الحوض = 75÷25=3 كم

ب – قياس ما بين ثلاثة وخمسة مقاطع عرضية للحوض من بدايته إلى نهايته موزعة بشكل متساوي على طول الحوض، إي يفضل ان تكون المسافات متساوية بين مقطع وأخر، ثم تجمع قيم جميع المقاطع وتقسم على عددها، وقد يكون لشكل الحوض دورا في اختيار عدد المقاطع، اذا كان مستطيلا يزداد عدد المقاطع وإذا كان يميل الى الشكل الدائري يقل عدد المقاطع، شكل رقم (5 – 4)حوض تصريف موضحا عليه عرض الحوض.

مثال:

حوض يميل الى الشكل الدائري وتم قياس ثلاثة مقاطع، فكانت النتائج 4 و6 و3 كم فيكون عرض الحوض = 4 + 6 + 3 = (13 ÷ 3) = 4.3

شكل رقم (5 – 4)حوض نهر موضحا عليه طول وعرض ومحيط الحوض



4 – **محيط الحوض:**

ويمثل الإطار الخارجي للحوض والذي يفصل بينه وبين الأحواض الأخرى، ويقاس بعجلة قياس خاصة ويكون بالكيلومترا او الميل، والشكل السابق رقم (5 – 4) خريطة موضح عليها محيط الحوض.

ثانياً – الخصائص الشكلية للحوض:

ان التعرف على الخصائص الشكلية للحوض تحتاج الى معادلات احصائية ورياضية لغرض التوصل الى نتائج دقيقة، ومن اهم الخصائص الشكلية ما يأتي:

1 – معامل الاستطالة :

يوضح هذا المعامل مدى اقتراب شكل الحوض من الاستطالة ام لا ، وتكون قيمته ما بين (0 – – – 1) فاذا اقترب الناتج من الواحد فهذا يعني ان الشكل غير مستطيل، واذا اقترب من الصفر فيميل شكل الحوض الى الاستطالة ، ويحتاج هذا المعامل تطبيق المعادلة الاتية :

$$\text{معامل الاستطالة} = \frac{\text{قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض}}{\text{اقصى طول للحوض}}$$

ويتم الحصول على قيمة قطر الدائرة من المعادلة الاتية :

$$\text{القطر} = \sqrt{\text{مساحة الحوض} \times \frac{7}{22}} \times 2$$

مثال: حوض مساحته 73 كم^2 وطوله 21 كم

معامل الاستطالة =

$$\text{مساحة الدائرة} = \text{نق}^2 \frac{22}{7}$$

$$\text{نق} = \sqrt{\text{مساحة الحوض} \times \frac{7}{22}}$$

$$\text{القطر} = \sqrt{\text{مساحة الحوض} \times \frac{7}{22}} \times 2$$

$$\frac{2 \times \sqrt{\text{مساحة الحوض} \times \frac{7}{22}}}{\text{اقصى طول للحوض}}$$

$$= \frac{2 \times \sqrt{37} \times \frac{7}{22}}{21}$$

$$= 45.0$$

ويتضح من الناتج ان الحوض يميل إلى الاستطالة.

2 – معامل الاستدارة:

يعبر عن مدى ابتعاد او اقتراب شكل الحوض من الاستدارة، ويكون الناتج ما بين (0 – – – 1)، فاذا كانت النتيجة قريبة من الواحد يعني شكل الحوض قريب من الدائري، واذا قريب من الصفر يكون بعيد عن الدائري، ويتم الحصول على المعامل من تطبيق المعادلة الآتية:

$$\text{معامل الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مساحة الدائرة التي تساوي الحوض في طول المحيط}}$$

مثال:

حوض مساحته 73 كم^2 ومساحة الدائرة التي تساوي محيط الحوض 85 كم^2، أوجد قيمة معامل الاستدارة.

$$\text{معدل الاستدارة} = \frac{73}{85} = 0.85$$

النتيجة قريبة من الواحد فالشكل قريب من الاستدارة.

كما يمكن الحصول على معامل الاستدارة من المعادلة الاتية:

$$\text{معامل الاستدارة} = \frac{4\,\text{ط}\left(\text{مساحة الحوض}\right)}{\text{مربع محيط الحوض}}$$

مثال:

حوض مساحته 73 كم^2 وطول محيطه 61 كم، علما ان قيمة ط = 3.13

$$\frac{73 \times 3.13 \times 4}{61 \times 61} = \frac{920}{3721} = 0.25$$

وعليه يكون معامل الاستدارة = 0.25

وتعد الطريقة الاولى اكثر دقة من الثانية.

3 – معامل شكل الحوض:

ان هذا المعامل يتم الحصول عليه من خلال العلاقة بين مساحة الحوض ومربع طوله، حيث تشير القيم العالية الى انتظام شكل الحوض الى الشكل المربع او المستطيل، والمنخفضة عدم انتظامه وميله الى الشكل المثلث، ويتم الحصول على قيمة المعامل من المعادلة الآتية:

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض}}{\text{مربع طول الحوض}}$$

مثال: اوجد قيمة معامل شكل حوض مساحته 73 كم^2 وطوله 21 كم

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{73}{441} = 0.16$$

اذ تشير القيم المنخفضة الى عدم انتظام شكل الحوض.[4]

4 – معامل الانبعاج:

ان بعض الاحواض تتخذ شكل كمثري، وعند الحصول على قيم معامل الانبعاج تشير العالية منها لى قلة تفلطح الحوض ومن ثم قلة اعداد واطوال المجاري وخاصة في الرتب الدنيا، اما المنخفضة فتشير الى تفلطح الحوض وزيادة اعداد واطوال المجاري في الرتب الدنيا ويعني زيادة عمليات التعرية الرسية والتراجعية، ويتم الحصول على قيمة معامل الانبعاج من خلال العلاقة بين طول ومساحة الحوض، اذا كانت النتيجة اكثر من 2 يعني ان محيط الحوض منبعج، واقل غير منبعج، ويتم الحصول على قيمة المعامل من المعادلة الاتية:

$$\text{معامل الانبعاج} = \frac{(\text{طول الحوض})^2}{4 \times \text{مساحة الحوض}}$$

يتضح من النتيجة ان الحوض غير منبعج يمكن تطبيق بيانات المثال السابق

$$= \frac{441}{292} = 1.5$$

5 – **معامل الاندماج:**

يوضح هذا المعامل العلاقة بين محيط الحوض ومحيط الدائرة التي تساوي الحوض في مساحته، فتبين القيمة التي يتم الحصول عليها مدى التناسق بين محيط الحوض ومساحته، وميل الحوض الى شكل منتظم، وكلما كانت

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{الفرق بين اعلى وادنى منسوب في الحوض}}{\text{طول محيط الحوض}}$$

القيمة كبيرة تعني طول محيط الحوض بالنسبة لمساحته لكثرة تعرجه، وتعني تلك القيمة المرتفعة الى قلة انتظام شكل الحوض.[5] ويعبر عن ذلك بالمعادلة الاتية:

$$\text{معامل الاندماج} = \frac{\text{محيط الحوض كم}}{\text{محيط الدائرة التي مساحتها تساوي مساحة الحوض كم}}$$

محيط الدائرة يساوي 2 × ط × نق (على سبيل المثال طول القطر 8 كم نصفه 4كم

لذا تكون القيمة =2 × 3.13 × 4 = 25

$$\text{معامل الاندماج} = \frac{61}{25} = 2.44$$

اذا كانت النتيجة عالية تدل على استطالة الحوض، اي عندما تتجاوز 1.5.[4]

6 – **معامل الوعورة:**

يتم الحصول عليه من خلال العلاقة بين اعلى وادنى منسوب وطول المحيط، وفق المعادلة الاتية:

$$\text{معامل الوعورة} = \frac{\text{الفرق بين اعلى وادنى منسوب في الحوض}}{\text{طول محيط الحوض}}$$

7 – العلاقة بين ابعاد الحوض:

تبين علاقة طول الحوض الى عرضه، اي مدى اقتراب او ابتعاد الحوض من الشكل المستطيل، فكلما ارتفعت القيمة دلت على الاستطالة، واذا قلت القيمة دلت على الاستدارة.

$$\text{العلاقة} = \frac{\text{الطول}}{\text{العرض}} = \frac{21}{3} = 7$$

ثالثاً – خصائص سطح الحوض:

1 – معامل التضرس:

يعبر معدل التضرس عن مدى تضرس الحوض من خلال العلاقة بين ادنى واعلى نقطة في الحوض، فضلا عن التعرف على طبيعة انحدار سطحه، ويتم الحصول على معدل التضرس من تطبيق المعادلة الاتية:

$$\text{معامل التضرس} = \frac{\text{تضرس الحوض (الفرق اعلى و دنى نقطة في الحوض)}}{\text{طول الحوض (م)}}$$

مثال:

اعلى نقطة في حوض وادي 450 م وادنى نقطه 6م وطول الحوض 21 كم

الفرق بين اعلى واخفض نقطه = 450 – 6 = 444م

$$\frac{444}{21000} = 0.02$$

2 – التضاريس النسبية:

تبين العلاقة بين تضرس الحوض بالمتر ومحيطه بالكيلو متر، وتكون وفق المعادلة الاتية:

$$\frac{\text{تضرس الحوض (م)}}{\text{محيط الحوض (كم)}} \times 10$$

ومن الامثلة السابقة يمكن الحصول على التضاريس النسبية

$$\frac{444}{61} \times 10 = 72.78 \text{ م/كم}$$

3 – التحليل الهبسومتري:

يعد التحليل الهبسومتري من الأدوات المهمة في تحليل أحواض الانهار والاودية، اذ يوضح المرحلة التي يمر فيها الحوض، فاذا كان منحنى الهبسومتري مقوس الى الاعلى فيعني ان الحوض في مرحلة الشباب، اما اذا كان مقعر الى الاسفل فيعني ان الحوض يتجه الى مرحلة النضج او الشيخوخة، ويعتمد المنحنى على العلاقة النسبية بين المساحات المحصورة بين الخطوط الكنتورية(بين خط كنتور واخر يليه) وارتفاع تلك المساحات، ويحتاج رسم المنحنى الى الخطوات الاتية:

أ) استخراج المساحات المحصورة بين خط كنتور واخر ضمن حوض النهر او الوادي.

ب) تحويل تلك المساحات الى نسب مئوية(تجمع كل المساحات التي تم الحصول عليها من المناطق المحصورة بين خط واخر، ثم الحصول على النسبة المئوية لكل واحدة على حده)

ج) تحويل الارتفاعات الى نسب مئوية، وبنفس الطريقة السابقة.

د) يتم تمثيل المساحات على خط افقي، والارتفاعات على خط عمودي

ه) تمثيل القيم الخاصة بكل مساحة وارتفاع على المحورين، ويفضل ان يكون الورق الذي يتم رسم المنحنى عليه من الورق البياني يتضمن مربعات لسهولة حساب المرحلة التي فيها الحوض.

و) تحدد المرحلة التي يمر بها الحوض من خلال شكل المنحنى او حساب عدد المربعات الواقعة داخل المنحنى او خارجه.

مثال:

حوض كانت البيانات المتعلقة بالمساحة والارتفاع كما في الجدول رقم (5 – 1)، فما هي المرحلة التي يمر بها الحوض وفق المنحنى الهبسومتري.

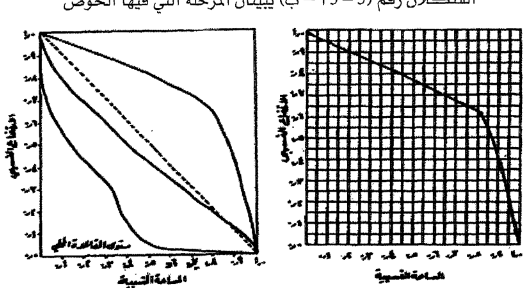
جدول رقم (5 – 1) بيانات عن حوض لرسم المنحنى الهبسومتري

الارتفاع (م)	المساحة(كم²)	نسبة الارتفاع٪	نسبة المساحة٪
100 – 0	1.3	6.6	1.7
200 – 100	3.7	13.3	5
300 – 200	30.05	20	41
400 – 300	25	26.6	34.2
500 – 400	13.2	33.3	17.8
المجموع	73.25	100	100

وعند تحويل تلك البيانات الى منحنى ستكون كما في الشكل رقم (5 – 5 أ – ب)، حيث يبين الشكل الاول المرحلة التي فيها الحوض في الوقت الحاضر، ويظهر ذلك واضحا من عدد المربعات الواقعة خارج وداخل خط المنحنى، فاذا زادت التي في داخله على التي في خارجه يعني الحوض في مرحلة الشباب، اما اذا حدث العكس اي المربعات التي خارج المنحنى اكثر من داخله يعني الحوض في مرحلة

الشيخوخة، ففي الشكل ادناه الحوض في مرحلة الشباب، اما الشكل الثاني فيبين ثلاثة نماذج من الاحواض الاول فوق المنتصف يعني في مرحلة الشباب والثاني قرب المنتصف يعني في مرحلة النضج والثالث اسفل المنتصف ويعني في مرحلة الشيخوخة..[5]

الشكلان رقم (5 – 5 أ – ب) يبينان المرحلة التي فيها الحوض



4 – **التكامل الهبسومتري**:

يعبر عن العلاقة بين مساحة الحوض وما يتضمنه من تضرس، فاذا كانت النتيجة منخفضة يعني ان الحوض شديد التضرس، ويتم الحصول على قيمة التكامل من المعادلة الاتية:

التكامل الهبسومتري = $\frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{تضرس الحوض (م)}} = \frac{73}{444} = 0.16$

ان قيمة التكامل الهبسومتري تكون مرتفعة في مرحلة الشباب وتصل الى 0.8، اما مرحلة التوازن فتكون القيمة مابين 0.6 و 0.8، اما مرحلة النضج فتكون مابين 0.4 و 0.6، ويصل الى 0.125 في مرحلة الشيخوخة

5 – معامل الوعورة:

ان هذا المعامل يوضح العلاقة بين تضرس سطح ارض الحوض واطوال مجاري شبكة التصريف فيه، اي يعبر عن العلاقة بين تضرس الحوض وكثافة التصريف، ويتم الحصول على قيمة المعامل من المعادلة الاتية:

$$\frac{\text{التضاريس الحوضية} \times \text{الكثافة التصريفية كم. كم}^2}{1000}$$

ويتم الحصول على الكثافة التصريفية من المعادلة الآتية:

$$\frac{\text{مجموع أطوال المجاري}}{\text{مساحة الحوض}}$$

$$\frac{297}{73} = 4 \text{ كم/كم}^2$$

مثال:

حوض قيمة التضاريس الارضية فيه 444 وكثافة التصريف 4 كم، فما قيمة معامل الوعورة.

تطبيق المعادلة:

$$\frac{4 \times 444}{1000} = 1.8$$

تدل القيمة المنخفضة على قلة وعورة الحوض.

6 – المعامل الجيومتري:

يوضح المعامل الجيومتري العلاقة بين الوعورة ودرجة انحدار سطح الحوض، حيث تشير القيم العالية الى قلة انحدار سطح الحوض، ويتم الحصول عليه من المعادلة الاتية:

المعامل الجيومتري= $\frac{\text{كثافة التصريف} \times \text{تضرس الحوض}}{1000 \times \text{درجة انحدار الحوض}}$

مثال:

اوجد المعامل الجيومتري لحوض كثافة تصريفه 4م، وتضرسه 444 ودرجة انحداره 1.2.

الحل:

$$\frac{444 \times 4}{1.2 \times 1000} = 1.48$$

7 – معامل التقطيع (نسيج الحوض):

يبين هذا المعامل مدى تقارب او تباعد المجاري في الحوض، وتصنف الاحواض الى ثلاثة انماط حسب توزيع المجاري فيها هي:

أ) احواض يقل فيها معامل التقطيع عن (4)، وتعد احواض ذات نسيج خشن.

ب) احواض يتراوح معامل التقطيع فيها مابين (4 – – 10) وهي ذات نسيج متوسط.

ج) احواض يزيد معامل التقطيع فيها عن (10) تعتبر ذات نسيج ناعم. [6]

معامل التقطيع = $\frac{\text{مجموع اعداد المجاري في الحوض}}{\text{محيط الحوض}}$

مثال:

حوض عدد المجاري فيه 793 وطول محيطه 61 كم.

$\frac{793}{61} = 13$ يعني ان الحوض ذا نسيج ناعم

وقد قام موريساو (1968) بتصنيف الاحواض حسب عدد الاودية في 1 كم² من الحوض الى اربعة فئات، ولكل فئة خصائص موضعية معينة تتميز بها عن غيرها، والجدول رقم (5 – 2) يبين تصنيف الحوض الى فئات.[7]

الجدول رقم (5 – 2) يبين تصنيف الحوض الى فئات

الفئة	نوع النسيج	عدد المجاري في 1كم²	خصائص الحوض
الاولى	خشن	اقل من 8	نفاذية عالية، وجود غطاء نباتي
الثانية	متوسط	8 – 20	نفاذية عالية، وجود غطاء نباتي، تساقط امطار
الثالثة	ناعم	20 – 200	صخورصماء، امطار غزيرة، قلة نبات
الرابعة	ناعم جدا	اكثر من 200	صخور صماء انعدام النبات، زخات مطر

رابعا – قياس خصائص الشبكة المائية في الحوض:

1 – رتب المجاري المائية:

تتوزع المجاري المائية في الحوض بشكل رتب تقل عددا وتزداد سعة من رتبة لأخرى، حيث تبدأ بمجار صغيرة وكثيرة تمثل المرتبة الأولى، وتلتقي مجاري تلك

المرتبة مع بعضها لتكون المرتبة الثانية التي تكون اقل عددا واكثر سعة من الأولى، ثم تلتقي مجاري تلك المرتبة لتكون المرتبة الثالثة ثم تلتقي مجاري هذه المرتبة لتكون المرتبة الرابعة والتي تلتقي لتكون المرتبة الخامسة، الشكلان رقم (5 – 6 أ – ب) توضح المراتب النهرية، حيث تكون كل مرتبة عدد مجاريها اقل وسعتها اكبر من التي قبلها.

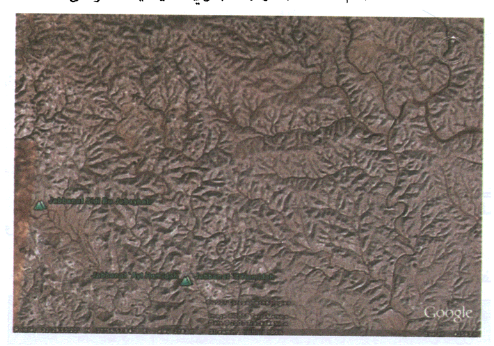
وقد اجريت دراسات متنوعة عن الرتب النهرية وباساليب مختلفة، مثل دراسة هورتون سنة 1945 الذي قام بترقيم المراتب النهرية بشكل متسلسل، وتلاها دراسة ستيلر سنة 1952 والذي استخدم اسلوب مقارب للسابق، واخيرا دراسة شيرف سنة 1967 والتي تتميز عن الاساليب السابقة باتخاذ تسلسلات تفوق الاساليب السابقة، شكل رقم (5 – 6ج) مخططات توضح طرق دراسة الرتب النهرية.

ويستفاد من دراسة الرتب في التعرف على كثير من الحقائق العلمية في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية المتعلقة ببعض الأنشطة والمشاريع المختلفة مثل السدود والخزانات.

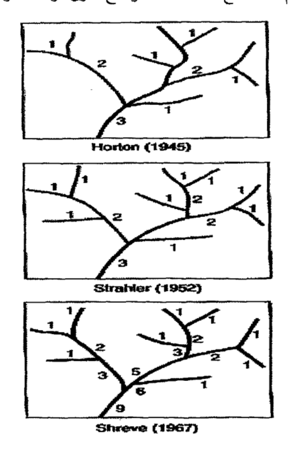
الشكل رقم (5 – 6 أ) رتب المجاري المائية في الأحواض



الشكل رقم (5 – 6 ب) رتب المجاري المائية في الأحواض



شكل رقم (5 – 6 ج) مخططات توضح طرق دراسة الرتب النهرية.



2 – نسبة التشعب:

وتعبر عن العلاقة بين عدد المجاري في كل مرتبتين متتاليتين وحسب القانون الاتي:

$$\frac{\text{عدد المجاري في مرتبة ما}}{\text{عدد المجاري في المرتبة التي تليها}}$$

مثال حوض مساحته 180 كم^2 وكان طول وعدد المجاري فيه كما في الجدول رقم (5 – 2)

جدول رقم (5 – 2) يوضح أطوال وعدد المجاري في حوض نهر او واد جاف

المرتبة	عدد المجاري	نسبة التشعب	مجموع طول المجاري/كم	معدل طول المجاري/كم
1	260		220	0،846
2	60	4.3	90	1.5
3	15	4	72	4.8
4	4	3.75	38	5.9
5	1	4	60	60
المجموع	340		480	

ومن الجدول يمكن معرفة نسبة التشعب وكما يأتي:

المرتبة الأولى على الثانية = $\frac{260}{60}$ = 4.3

المرتبة الثانية على الثالثة= $\frac{60}{15} = 4$

المرتبة الثالثة على الرابعة = $\frac{15}{4} = 3.75$

المرتبة الرابعة على الخامسة= $\frac{4}{1} = 4$

ويمكن استخراج المعدل العام لنسبة التشعب من قسمة مجموع النسب على عددها

$= \frac{16}{4} = 4$

3 – معدل أطوال المجاري:

يمكن معرفة معدل أطوال المجاري في كل مرتبة رغم أنها متباينة الأطوال من مكان لاخر، وذلك من العلاقة بين مجموع أطوال المجاري في كل مرتبة وعددها ، ومن القانون الأتي:

$$\text{معدل طول المجاري في مرتبة ما} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري في مرتبة ما}}{\text{عدد المجاري في المرتبة}}$$

ومن المثال السابق معدل طول مجاري المرتبة الأولى = $\frac{220}{260} = 0.846$ كم وعلى العموم تكون أطوال مجاري المرتبة الأولى قصيرة مقارنة بأطوال المجاري في المراتب الأخرى.

اما في المرتبة الثانية = $\frac{90}{60} = 1.5$ كم، وفي المرتبة الثالثة = $\frac{72}{15} = 4.8$ كم، وفي المرتبة الرابعة= $\frac{38}{4} = 5.9$ كم، واخيرا المرتبة الخامسة= $\frac{60}{1} = 60$ كم.

4 – كثافة التصريف:

وتعبر عن العلاقة بين مجموع أطوال الأودية في الحوض ومساحته وكما يأتي:

كثافة التصريف = مجموع أطوال الأودية في الحوض/كم ÷ مساحة الحوض/ كم^2

وفي المثال السابق = $\frac{480}{180}$ = 2.6 كم، أي كل 1 كم^2 يتضمن 2.6 كم، وهذا يعني أن الأودية في الحوض قليلة وبالتالي ما تصرفه من مياه قليل أيضا ، حيث تزداد كثافة التصريف بزيادة أطوال الأودية في الحوض، والجدول رقم (5 – 3) يوضح مستويات كثافة التصريف.[7]

جدول رقم (5 – 3) مستويات كثافة التصريف

أطوال الأودية/كم	كثافة التصريف
4 – 2.5	واطئة جدا
14 – 5	واطئة
24 – 15	متوسطة
49 – 25	جيدة
100 – 50	عالية
اكثر من 100	عالية جدا

5 – معامل بقاء المجاري:

يعبر هذا المعامل عن المساحة اللازمة لتزويد شبكة مجاري الاودية بالمياه في الحوض، وان زيادة قيمة هذا المعامل يدل على سعة مساحة الحوض على حساب اطوال المجاري، وهو يمثل مقلوب كثافة التصريف، ويمكن الحصول على تلك القيمة من المعادلة الاتية:

$$M=A/\sum L$$

M معدل بقاء المجاري

A مساحة الحوض

L مجموع اطوال مجاري شبكة التصريف

Dd كثافة التصريف.[8]

6 – معامل المسافة بين المجاري:

تتباين المسافة بين المجاري حسب التكوينات الجيولوجية ودرجة صلابتها ونفاذيتها، ويتم التعرف على تلك المسافة حسب المعادلة الاتية:

$$D = \sin 45 \times \frac{L}{N}$$

D المسافة بين الاودية

L طول الخط المرسوم

N عدد المجاري التي تتقاطع مع الخط المرسوم.[9]

7 – العلاقة بين معدلات ارتفاع واطوال المجاري المائية في الأحواض:

يتم التعبيرعن تلك العلاقة بخط بياني يربط بين معدلات ارتفاع واطوال المجاري المائية في كل مرتبة، بعد إجراء قياسات لارتفاع كل مجرى(الفرق بين بداية منبع المجرى ومصبه) وجمع القيم وتقسيمها على عدد المجاري، ومجموع أطوالها على عددها أيضا، وترجمة ذلك الى منحنى يوضح معدل ارتفاع واطوال المجاري المائية في كل مرتبة والتي يمثل في النهاية معدلها في الحوض بصورة عامة حتى المصب الرئيسي.[10] ويمكن تطبيق ذلك على المثال السابق في الجدول رقم (5 – 2).

حيث يكون معدل الارتفاع = $\frac{\text{مجموع الارتفاعات في كل مرتبة}}{\text{عدد المجاري في مرتبة}}$

المرتبة الأولى عل سبيل المثال = $\frac{19320}{260}$ = 74 م

ويطبق ذلك على بقية المراتب، وكذلك معدل الأطوال من تقسيم مجموع الأطوال على عدد المجاري، فتكون النتائج كما في الجدول رقم (5 – 4) معدلات اطوال المجاري وارتفاعاتها.

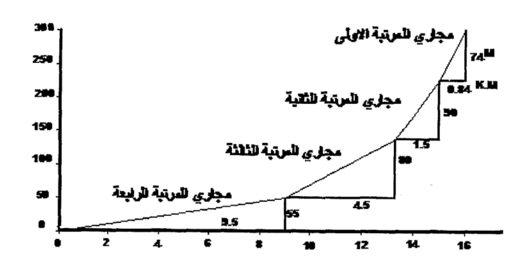
جدول رقم (5 – 4) معدلات طول المجاري وارتفاعاتها

المرتبة	عدد المجاري	أطوال المجاري	مجموع ارتفاع المجاري	معدل طول المجاري/كم	معدل ارتفاع المجاري/م
1	260	220	19320	0.846	74
2	60	90	5430	1.5	90
3	15	72	1200	4.8	80
4	4	38	220	9.5	55
المجموع	339	420	26170	16.646	299

حيث تجمع معدلات الارتفاع لكل المراتب وتساوي 299 م ومعدلات الأطوال وتساوي اكثر من 16 كم

ومن نتائج تلك الأبعاد يمكن رسم شكل يوضح العلاقة بين تلك الأبعاد، شكل رقم (5 – 7).

شكل رقم (5 – 7) شكل بياني يوضح العلاقة بين متوسطات ارتفاع واطوال المجاري في الأحواض



ومن تلك البيانات يتم أيجاد معدل عام للارتفاع من خلال تقسيم مجموع معدلات الارتفاع لكل المراتب على عددها ويساوي $\frac{26170}{339} = 77$ م.

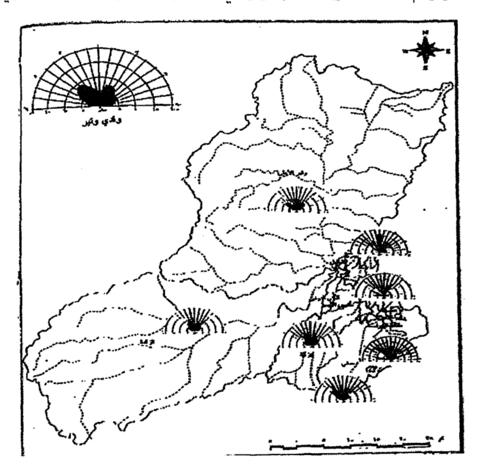
كما يمكن معرفة متوسط ارتفاع منابع المجاري في الحوض من قسمة مجموع الارتفاعات على مجموع أطوال المجاري ويساوي $\frac{26170}{420} = 62$ م

ويستفاد من تلك الدراسات المورفومترية للأحواض النهرية في مجالات متنوعة ومنها مشاريع الري والخزن.

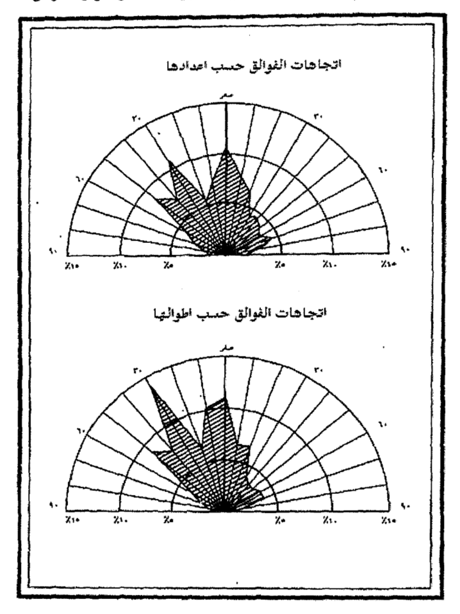
8 – **اتجاه المجاري:**

تتخذ المجاري المائية اتجاهات مختلفة حسب طبيعة انحدار الارض وقوة وضعف الصخور والتربة، واتجاه الفوالق والكسور، فيستطيع الباحث من رسم اشكال بيانية توضح اعداد المجاري في كل اتجاه وفي كل رتبة من رتب المجاري، شكل رقم (5 – 8)خريطة لحوض وادي تتضمن اعداد واتجاهات المجاري، كما يمكن عمل شكل بياني لاتجاهات الفوالق في الحوض واعدادها واطوالها، شكل رقم (5 – 9) اشكال بيانية تبين اعداد واطوال الفوالق، ومدى تطابقها مع اتجاهات المجاري.

شكل رقم (5 – 8)خريطة لحوض وادي تتضمن اعداد واتجاهات المجاري

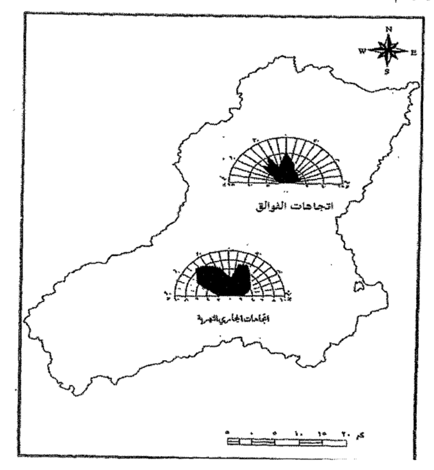


شكل رقم (5 – 9) اشكال بيانية تبين اعداد واطوال الفوالق



ويمكن تمثيل اتجاهات المجاري والفوالق باشكال بيانية تبين مدى العلاقة بينهما في الحوض، فتبين مدى ارتباط الكثير من المجاري باتجاه تلك الفوالق، شكل رقم (5 – 10)اشكال بيانية تبين اتجاه كل من المجاري والفوالق.[11]

شكل رقم (5 – 10) اشكال بيانية تبين اتجاه كل من المجاري والفوالق



خامساً– تحليل العلاقة بين متغيرات كل من شبكة وحوض التصريف

1 – التحليل العاملي لمتغيرات الشبكة والحوض:

يعد التحليل العاملي من الاساليب الاحصائية المهمة التي يمكن استخدامها في تحليل العلاقة بين عنصرين من خلال عدد من المتغيرات والعوامل، فتظهر نتائج رقمية تعبر عن قوة او ضعف العلاقة بين العنصرين، وفي هذا المجال تحليل العلاقة بين خصائص شبكة التصريف وخصائص الحوض، والجدول رقم (5 – 5) يبين المتغيرات والعوامل، وهذا يحتاج الى سلسلة عمليات احصائية لايمكن الخوض بها، ويترك الأمر للباحثين في تطبيق الخطوات المطلوبة للحصول على النتائج المطلوبة.

الجدول رقم (5 – 5) يبين المتغيرات والعوامل

المتغير / العامل	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	ملاحظات
الرقم الجيومتري	٠,٩٦٨	٠,١١٤	٠,٠٥٩	٠,١٣٢	٠,٠٥٦	المتغيرات التي تؤثر في العامل الأول ، "مورفومترية الحوض"
محيط الحوض	٠,٩٦٥	٠,١٧٧	٠,٠١٥-	٠,١٥٢	٠,٠٠٨-	
طول الحوض	٠,٩٦٤	٠,٠٨٧	٠,٠٠٧-	٠,١٧٨	٠,٠٥٤	
النسيج الطوبوغرافي	٠,٩٢٤	٠,٢٩٥	٠,١٣٥	٠,١١٧	٠,٠٥٤	
عرض الحوض	٠,٩٠٨	٠,٣٣٢	٠,٠٣٣	٠,٠٢٧	٠,١١٦-	
المسافة بين المجاري	٠,٩٠٣	٠,١٢٩	٠,٠٨٣-	٠,٠١١-	٠,٠٥٥-	
مساحة الحوض	٠,٨٥٨	٠,٣٢٤	٠,١٦١	٠,٢١٤	٠,١١٤	
إجمالي أطوال المجاري	٠,٨٥٨	٠,٣٣٠	٠,١٧٥	٠,٢٠٦	٠,١١٠	
إجمالي أعداد المجاري	٠,٨٢٤	٠,٣٢٥	٠,١٩١	٠,٢٢٦	٠,١٤١	
التضاريس النسبية	٠,٧٠٨-	٠,٤١١	٠,٢٥٥	٠,٤٢٦	٠,٢٠٢	
درجة الانحدار	٠,٦٧٦-	٠,٥١٦	٠,١٦٣	٠,٤٣٣	٠,١٧٦	
متوسط الانحدار	٠,٦٧٤-	٠,٥١٩	,١٦١	٠,٤٣٣	٠,١٧٦	
نسبة التضرس	٠,٦٧٤-	٠,٥١٨	٠,١٦٣	٠,٤٣٣	٠,١٧٧	
درجة الوعورة	٠,٦٠٠	٠,١١٢	٠,١٤١	٠,٥١٣	٠,١٨٠	
نسبة الاستطالة	٠,٠١١	٠,٩٠٣	٠,١٧٥-	٠,١٥٢-	٠,٢٢٣-	المتغيرات التي تؤثر في العامل الثاني "عامل الشكل"
معامل الشكل	٠,٠٠٣-	٠,٨٨٥	٠,١٧٧-	٠,١١٩-	٠,٢٣١-	
نسبة الطول/العرض	٠,٠٧٣-	٠,٨٦١-	٠,٠٧٧	٠,٢٨٤	٠,١٢٧	
معامل الانبعاج	٠,٠٢٩-	٠,٨٤٤-	٠,١٨١	٠,٢٢٦	٠,١٧٥	
نسبة الاستدارة	٠,٥٣٦-	٠,٦٦٩	٠,١٦٨	٠,٢٣٨-	٠,١١٧	
معامل الاندماج	٠,٤٦٠	٠,٦٤٩-	٠,٢٢٣-	٠,٣٣٨	٠,٠٦٠-	
نسبة التشعب	٠,١٤٩	٠,٥٤٤-	٠,١١٤-	٠,٣٤٩	٠,٣٦٨-	
تكرارية المجاري	٠,٠٣٢-	٠,٠٢٦	٠,٧٥٦	٠,٣٠٢-	٠,٢٩٨	المتغيرات التي تؤثر في العامل الثالث "عامل الشبكة"
كثافة التصريف	٠,٥٠٢	٠,١٥١-	٠,٥٩٧	٠,٤٤٧-	٠,٠١٢	
معدل بقاء المجاري	٠,٥٢٣-	٠,١٨٤	٠,٥٧٩-	٠,٤٧٦	٠,٠٣٩-	
نسبة التشعب المرجح	٠,٠٨٦-	٠,٣٣٠-	٠,٤٠٦	٠,٣٤٧	٠,٠٧٦-	متغيرات ذات تأثير محدود (المتغير الذي يحدد العامل الرابع هو درجة الوعورة)
التكامل الهبسومتري	٠,٢٥٥-	٠,٣١٣-	٠,٣٨٠	٠,١٩٠-	٠,٢٤٢	
اتجاهات المجاري	٠,٢٤٠	٠,٠٥٢-	٠,٥٨٥-	٠,١٨٤-	٠,٧١١	متغيرات العامل الخامس
الجذر الكامن	١١,٧	٦,٠٧	٢,٧٤	٢,٥٠	١,٧٨	العوامل الأخرى ذات تأثير محدود ومن الممكن تجاهلها
نسبة التباين العاملي %	٤٠,٤	٢٠,٩	٩,٤	٨,٦	٦,١	
نسبة التباين التراكمية%	٤٠,٤	٦١,٣	٧٠,٨	٧٩,٤	٨٥,٦	

2 – التحليل العنقودي

يستخدم اسلوب التحليل العنقودي لغرض التوصل الى تحديد انماط اقاليم متشابهة الخصائص، وتستخدم تلك الطريقة لتحليل عدد من الاحواض وتكون لكل واحد قيمة تبين مدى ابتعاده او اقترابه من بقية الاحواض تسمى المسافة، ويتم تصنيف تلك الاحواض الى مجاميع حسب درجة التقارب.

3 – تحليل التمايز لمتغيرات الحوض والشبكة:

يمثل اسلوب التمايز احد الاساليب الاحصائية التي تستخدم في تصنيف أي عصر الى مجموعات بواسطة عملية التحليل، على سبيل المثال التحليل العنقودي صنف الاحواض الى ثلاث مجموعات، وبقي حوض لم يتم تصنيفه لاي مجموعة لعدم تشابه أي منها، ولكن توجد احواض في اماكن اخرى مشابهة له، لذا يستخدم اسلوب التمايز في تصنيف هذا الحوض، وان استخدام هذا الاسلوب من التحليل يسهم في اثبات النتائج التي يتم التوصل اليها في التحليل العنقودي، جدول رقم (5 – 6)يبين مصفوفة فيشر لمعاملات تحليل التمايز.[12]

جدول رقم (5 – 6) يبين مصفوفة فيشر لمعاملات تحليل التمايز.

مصفوفة فيشر لمعاملات تحليل التمايز*

المتغير	المجموعة Cluster		
	١	٢	٣
المساحة	٠٠٠٠٠٨	٠٠٠٠٠٦	٠٠٠٠٦
المحيط	٠٫٠١٣٦٦٩	٠٫٠١٤٢٥٢	٠٫٠١٤١٣٧
الطول	٠٫٠١٥٧٨٧	٠٫٠٤٠٢٩٧	٠٫٠٢٧١٢٢
العرض	٠٫٠٠١٧٤٢	٠٫٢١٧٢٧١	٠٫٢٤٩٦٠٨
نسبة الاستدارة	٥٧١٨٫٢٨٧	١٢٥٥٢٫١	١٣١٣٤٫٦٤
نسبة الاستطالة	١٣٠٥٧٫٥٩	٣٠٧٧٤٫٣٨	٢٩٥٤٨٫٨٢
معامل الشكل	٥٨٥٨٫٢٤	٣١٧٣٤٫١	٣٠١٢٢
معامل الاندماج	٥٩٤٣٫١٧٤	٨٧١٥٫٧٦٩	٨٦١٠٫٤٨
نسبة الطول/العرض	١٨٨٫٤٢٥٤	١١٠٫١٣٢٤	١٦١٫١٣٩٥
نسبة التضرس	٢٠٩٢٩٫٢	١٧١٢٩٫١	١٥٦١٠٫٧٩
درجة الوعورة	٤١١٫٩٤٧٨	١٨٨٫٥٨٥	٦٠٦٠٠٩
التضاريس النسبية	٤٥٫٠٥٩٥	٤١٫٥٣٣٣	٣٧٫٤٦٥١
التكامل الهبسومتري	٢٩١٫٣٤٧	٦٤٤٫٥١٤٢	٥٨٠٫٩٦٤
الرقم الجيومتري	٤١٤٩٥٣٦	٢٤٫٣٣٦٤٤	٢٤٫٢٦٩٦٣
عدد المجاري	٣٫٠٤٥٠١	٢٫١٥٤٤٨	١٫٨٨٤٧٣
أطوال المجاري	١٣٫٢٨٩٨	٤٫١٤٣٤٩	٤٫٥٧٠٣٢
نسبة التشعب	١٤٦١١٦١	٩٠٫٩٧٤٧٨	٩٤٫٨٥٢٣٧
اتجاه المجاري	٠٫٤٣٩٥٠٤	٠٫٠٩٣٦٤٨	٠٫٠٨٦٠٨
رقم ثابت	٢٧٩٥٣٫٩	١٤٧٥٥٫٢	١٤٠٥٨٫٦

سادساً– العوامل المؤثرة على الجريان والتصريف المائي في أحواض الانهار والأودية الجافة:

أ – عوامل مناخية:

وتشمل ما يأتي:

1) نوع التساقط، فإذا كان مطرا يكون التأثير مباشر وسريع، اما إذا كان ثلوج فيكون متأخرا وبطيئا، بعد أن يتعرض الى الذوبان وبشكل تدريجي.

2) شدة التساقط، كلما كانت زخات المطر شديدة ارتفعت كمية التصريف وبالعكس.

3) فترة التساقط، يؤدي استمرار التساقط لفترة طويلة الى زيادة تشبع التربة ومن ثم زيادة كمية المياه الجارية التي تنقلها الأودية الفرعية او الثانوية الى الرئيسية.

4) توزيع التساقط فوق الحوض من الامطار والثلوج، فمن النادر أن يكون التوزيع متساويا فوق جميع أجزاء الحوض، فالتساقط بالقرب من المجرى الرئيسي يؤدي الى وصول المياه بسرعة وبكمية اكبر أليه لقلة الضائعات التي تتعرض لها، في حين تفقد السيول القادمة من مناطق بعيدة عن المجرى كميات كبيرة من المياه عن طريق التسرب والتبخر.

5) اتجاه حركة العاصفة المطرية، فإذا اتجهت نحو المنبع تصل المياه الى المجرى الرئيسي بشكل تدريجي ومنتظم، اما إذا كانت باتجاه المصب تصل المياه الى المجرى خلال فترة زمنية قصيرة، مما ينتج عنها ارتفاع المناسيب بشكل سريع فتحدث فيضانات مفاجئة والتي يترتب عليها مخاطر كبيرة.

6) تأثير عناصر المناخ الأخرى كالحرارة والرطوبة والرياح والتي تتحكم بالتبخر.

ب – عوامل طوبوغرافية:

وتتمثل بالجوانب آلاتية :

1) انحدار الارض، فكلما ازداد الانحدار ازداد التصريف وبالعكس.

2) شكل الحوض، يكون التصريف في الأحواض الدائرية والمخروطية الشكل افضل من المستطيلة لقلة المسافة التي تقطعها المياه من أطراف الحوض الى المجرى.

3) ارتفاع أطراف الحوض، يزداد التصريف في المناطق المرتفعة عما في المناطق المنخفضة او المنبسطة.

4) نوع استعمالات الارض نباتية أوعمرانية، والتي تقلل من كمية التصريف.

5) مسامية ونفاذية المكونات السطحية، فإذا كانت صماء لاتسمح بتسرب المياه يزداد التصريف، اما التكوينات المسامية يزداد فيها التسرب ويقل التصريف، كما يزداد التصريف في التكوينات الرطبة اكثر من الجافة.[13]

6) طبيعة توزيع الأودية ضمن الحوض، يزداد التصريف في الاحواض التي تكون فيها الاودية موزعة بشكل يغطي معظم مساحته، مما يؤدي الى نقل اكبر كمية من المياه الى المجرى الرئيسي فيزداد التصريف.

المبحث الثاني – وادي النهر *River Valley*

يعني وادي النهر جميع الأراضي الواقعة على جانبي مجراه والتي تغمرها مياهه عند الفيضان، فيترسب فوقها ما تحمله تلك المياه من رواسب وبكميات مختلفة حسب كمية التصريف وما ينتج عنها من عمليات تعرية، والقدرة على حمل الرواسب وارتفاع منسوبها، وسعة المنطقة التي تغطيها المياه، وتعد السهول الفيضية

من نتاج ذلك والتي تكونت بمرور الزمن، وخاصة في الفترات الماضية قبل ان يتدخل الإنسان في شؤون الأنهار، وكان وادي النهر مسرح لعملياته المختلفة، حيث غير النهر مجراه ضمن واديه عدة مرات تاركا وراءه العديد من المعالم اواالمظاهر، مثل البحيرات الهلالية (المقطوعة اوالميتة) والمدرجات النهرية.

ويتحكم بطبيعة وادي النهر ما يحيط به من تضاريس وهضاب وتلال او جبال التي لا تغمرها مياه النهر عند الفيضان، لذا لا تتكون سهول فيضية في مثل تلك المناطق.

وتعد المظاهر التي تركتها الأنهار في أوديتها ذات أهمية كبيرة حظيت باهتمام المختصين بعلوم الأرض، وفيما يلي دراسة مورفومترية لتلك المظاهر:

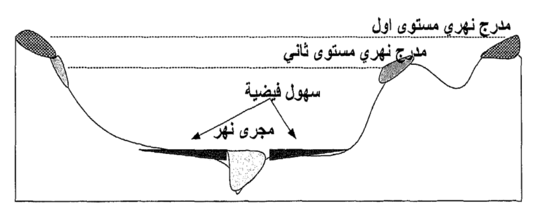
أولاً – المدرجات النهرية River Terraces

تعد المدرجات النهرية علامات تدل على المستويات السابقة التي كانت تجري فيها الانهار ثم تركتها بعد أن غيرت مجراها اوعمقته، وتكون المدرجات على أشكال متباينة بعضها على شكل مصاطب صخرية صلبة لتعرضها الى عمليات تعرية آدت الى إزالة التكوينات الهشة التي تغطيها، خاصة عند ارتفاع مناسيب المياه فتغمر تلك المناطق المنحدرة فتعمل المياه على تجوية وتعرية التكوينات الهشة، في حين يكون البعض الاخر على شكل ترسبات متنوعة من الحصى والجلاميد والرمل و الحجر الطيني والغرين ناتجة عن الترسبات التي كانت تحملها مياه النهر أليها في مواسم الفيضان، فكلما كانت مناسيب المياه عالية ازدادت قدرتها على حمل رواسب خشنة وبالعكس، اذ تقل قدرة النهر على حمل الرواسب مع انخفاض المناسيب، ويمكن تمييز ذلك من نوع الرواسب التي تتضمنها المدرجات النهرية، حيث تشير الخشنة منها على ارتفاع المناسيب والناعمة على انخفاضها، وحتى فترة

استمرار موجة الفيضان يمكن معرفتها من سمك الطبقة حيث تشير السميكة منها على استمرار الموجة فترة أطول وبالعكس، كما يوضح تعدد الطبقات مدى تكرار الفيضانات في تلك المناطق لذا يصل ارتفاع بعضها الى عدة أمتار والبعض الآخر واطئ لايتجاوز 10 سم.

وتتخذ المدرجات أوضاعا مختلفة على جانبي النهر، حيث يكون بعضها مزدوج، أي تظهر على جانبي النهر وبنفس المستوى ومتناظرة في تدرجها ونوع تكويناتها، لذا تسمى في بعض الأحيان بالتوأمية لأنها متشابهة في الخصائص وتكونت بنفس الفترة الزمنية، وتوجد بعض المدرجات بشكل منفرد على إحدى جهات المجرى، ووجود تلك المدرجات لا يقتصر على منطقة السهول الفيضية بل يشمل جميع المناطق المحيطة بالوادي بما فيها الهضاب والتلال والتي غمرتها المياه في العصور القديمة، شكل رقم (5 – 11) يبين مواقع المدرجات النهرية بالنسبة لمجرى النهر.

شكل رقم (5 – 11) مواقع المدرجات بالنسبة لمجرى النهر



وتعد المدرجات التي تقع خارج السهول الفيضية اكثر وضوحا من الواقعة ضمنها، والتي على العموم تكون واطئة ومنفردة وناتجة عن عمليتي ارساب وتعرية، أي هي مخلفات المنعطفات النهرية وتمثل ما يسمى بالضفة الخارجية للمنعطف،

والتي تعرضت الى التعرية قبل أن يهجر النهر مجراه، ونظرا لانخفاض ارتفاعها وضعف تماسك تكويناتها ووقوعها ضمن المنطقة التي تمثل مركزا للنشاط البشري بأشكاله المختلفة لذا تختفي تلك المدرجات، وقد يبقى منها ما يقع عند بعض البحيرات الهلالية.

ويمكن أجراء دراسة مورفومترية لتلك المدرجات للتعرف على خصائصها وكما يأتي:

1 – رسم مقاطع عرضية للمدرجات:

بعد تحديد مواقع المدرجات النهرية ضمن وادي النهر او عند المناطق المجاورة له والتي تكون أعلى من ارض الوادي فتكون المدرجات اكثر وضوحا فيها، وتحتاج تلك العملية الى خريطة كنتورية لتلك المنطقة والتي تحدد عليها مواضع المدرجات، ومن خلال رسم مقاطع تتقاطع مع مجرى النهر تظهر المدرجات بشكل واضح، ويكون وفق الخطوات آلاتية:

أ) تكون الخريطة الكنتورية ذات مقياس رسم مناسب مثل 1 / 25000 او 1/ 5000 وترسم خطوط عليها لتحديد مواضع المدرجات ضمن منطقة الدراسة.

ب) توضع حافة الورقة التي يراد رسم المقطع عليها بشكل مطابق ومواز للخط الذي تم رسمه على الخريطة والذي يمثل موضع المدرج، ومن ثم تثبت قيم الخطوط الكنتورية التي تتقاطع مع خط المقطع على حافة الورقة.

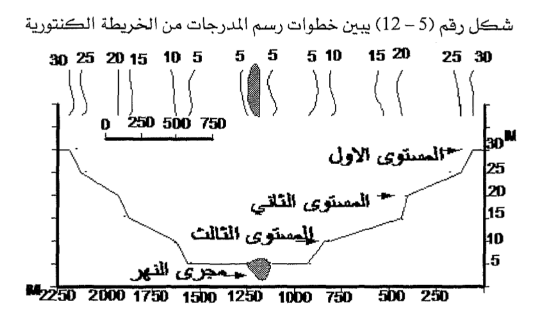
ج) رسم خط أفقي اسفل الحافة المثبت عليها الأرقام وعلى مسافة مناسبة يمثل المسافة الأفقية للمقطع العرضي وفق مقياس رسم الخريطة.

د) رسم خطان بشكل متعامد على نهايتي الخط الأفقي يمثلان ارتفاع مستويات المدرجات وحسب الفاصل الرأسي بين الخطوط الكنتورية، حيث تمثل الأرقام المثبتة عليها قيم الخطوط الكنتورية التي يتقاطع معها خط المقطع.

ه) تثبت أرقام الخطوط حسب المسافة والارتفاع بين خط واخر، أي باتجاهين افقي ورأسي.

و) توصيل مواضع القيم مع بعضها بخط متصل فيظهر الشكل العام للمقطع متعرج وعلى شكل مدرج، وقد تكون المدرجات متناظرة على جانبي النهر فتكون متساوية القيم في الارتفاع والامتداد، شكل رقم (5 – 12) يبين خطوات رسم المدرجات من الخريطة الكنتورية.

شكل رقم (5 – 12) يبين خطوات رسم المدرجات من الخريطة الكنتورية

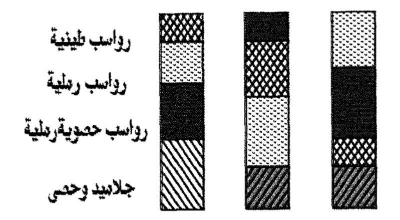


2 – **رسم مقاطع جيولوجية لتكوينات المدرجات**

والتي توضح نوع وسمك تلك التكوينات والتي تعطي الكثير من الدلائل عن طبيعة تكون تلك المدرجات، شكل رقم (5 – 13) مقاطع رأسية لسمك تكوينات المدرجات.

وتعد المدرجات ذات أهمية كبيرة في النشاط البشري بأنواعه المختلفة العمراني والاقتصادي، حيث تمثل مصادر مهمة لمواد الرمل والحصى التي تستخدم في البناء، كما أنها مناطق آمنة لا تطولها مياه الفيضانات، فضلا عن تصريف المياه فيها جيد لأنها ذات مسامية ونفاذية عالية.

شكل رقم (5 – 13) مقاطع راسية لسمك تكوينات للمدرجات



ثانياً – البحيرات الهلالية Ox – bow

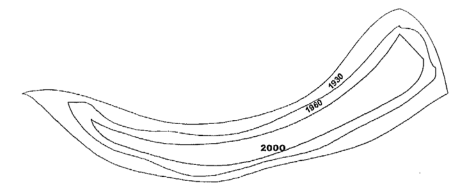
تمثل مخلفات المنعطفات التي تركتها الأنهار عندما غيرت مجاريها، وتسمى هلالية لأنها تشبه الهلال او حذاء الفرس، فضلا عن التسميات الأخرى مثل البحيرات الميتة اوالمقطوعة اوالشطوط، وتتكون تلك البحيرات بعد مرور بعض المنعطفات الكبيرة بعدة مراحل حتى تنفصل عن المجرى الرئيسي، شكل رقم (5 – 14أ) مخططات تبين مراحل تكون البحيرات الهلالية، وتمثل مناطق منخفضة في السهول الفيضية ومعظمها مملوء بالمياه، لذا تعد بيئة جيدة لنمو بعض انواع النبات الطبيعي حسب طبيعة المناخ السائد في منطقة وجودها، ومأوي لعيش بعض الحيوانات والحشرات الضارة.

شكل رقم (5 – 14 أ) مخططات تبين مراحل تكون البحيرات الهلالية



وتشهد تلك البحيرات تطورا مستمرا تحت تأثير الظروف الطبيعية او النشاط البشري، ويظهر ذلك من خلال المقارنة بين شكلها وابعادها منذ أن وجدت وحتى الوقت الحاضر، ومن خلال الصور الجوية والخرائط الكنتورية المتوفرة عنها، حيث تقلصت المساحة التي كانت تشغلها فقلت سعتها وامتدادها، وانخفضت مناسيب المياه فيها، ويعود ذلك اما الى استغلال الانسان لاجزاء منها من خلال دفنها او بسبب قلة المياه الواردة أليها سطحية او جوفية، وعلى العموم تكون قمة المنعطف اكثر اتساعا وعمقا من بقية أجزاء البحيرة، شكل رقم (5 – 14 ب) مخطط يبين تطور البحيرات الهلالية.

شكل رقم (5 – 14 ب) تطور شكل وابعاد البحيرات الهلالية



ويكون لبعد او قرب البحيرة من مجرى النهر دور في استمرار وجودها ، حيث ترتفع مناسيب المياه في تلك البحيرة عند ارتفاعها في النهر إذا كانت قريبة منه ، أو تستخدم لتصريف مياه الري الزائدة وتعد هذه الخاصية من فوائد البحيرات لخفض مناسيب المياه الجوفية في الأراضي المحيطة بها ، وهذا بدوره يحافظ على استمرارية وجودها لفترة أطول، ويظهر في الشكلين (5 – 14 ت وث) صورتان فضائية لبحيرتي البوذياب يسار مجرى نهر الفرات والصوفية يمين المجرى شمال وشرق مدينة الرمادي، ويتضح من تلك الصور طبيعة امتداد تلك البحيرات التي تسمى محليا (الصراة) وبعدها عن مجرى النهر.

شكل رقم (5 – 14ت وث) صورتان فضائية لبحيرتي البوذياب والصوفية على جانبي نهر الفرات





ولغرض متابعة التطور الذي تشهده البحيرات يمكن أجراء دراسات مورفومترية وكما في الجدول رقم (5 – 7)

جدول رقم (5 – 7) يوضح الخصائص المورفومترية للبحيرات الهلالية

اسم البحيرة	موقعها	التغير في طول البحيرة/م			التغير في عرض البحيرة/م			اتجاه تقعر البحيرة	الموقع بالنسبة لمجرى النهر
الصوفية	مقاطعة الصوفيه	السنوات			السنوات			شرقا	اليمنى
		1930	1960	2000	1930	1960	2000		
		700	600	450	220	170	140		

يحدد موقع البحيرة بالنسبة للمنطقة التي توجد فيها والجهة وكذلك التسمية حسب ما تحمله من اسم في الخرائط والوثائق الرسمية، وكذلك الموقع من المجرى الحالي شرق غرب شمال جنوب.(14)

المبحث الثالث – الخصائص الجيوهيدرولوجية لقنوات اومجارى الانهار

يعني مجرى النهر القناة المحددة المعالم التي تجري فيها مياه النهر من المنبع الى المصب، وتكون منخفضة عن مستوى الأراضي المحيطة بها، وتتخذ أنماط متباينة في مقاطعها الطولية والعرضية، كما تتباين المجاري في طبيعة جريانها وتصريفها وأنماطها، وكما يأتي:

أولاً – نوع المجرى وطبيعة الجريان:

تتخذ مجاري الأنهار أشكالا عدة منها ما يأتي:

1) نهر وحيد إوثنائي المجرى، او متعدد المجاري والذي يسمى جدائلي او ضفائري لانه يشبه جديلة أو ضفيرة الشعر.

2) مجرى عميق او ضحل.

3) مجرى مستقيم او متعرج.

4) مجرى شديد أو معتدل الانحدار.

5) نهر دائم او متقطع الجريان.

ثانياً – أنظمة التصريف النهري:

1) نظام التصريف البسيط: تعد الأنهار التي تحدث فيها فترة فيضان واحدة ذات نظام بسيط وربما يكون غير منتظم في حدوثه ومناسيبه و يرتبط ذلك بكمية الأمطار وموسم سقوطها وكمية الثلوج وذوبانها.

2) نظام تصريف معقد من الدرجة الأولى، وهو نظام مزدوج يوجد في الأنهار التي تحدث فيها فترتي فيضان أحدهما بسبب الأمطار وأخرى بسبب ذوبان الثلوج في بداية فصل الصيف، او تساقط الأمطار في فترتين.

3) نظام تصريف معقد من الدرجة الثانية. ويظهر في الأنهار التي تمر في مناطق ذات خصائص مناخية متباينة، وتصب فيها عدة روافد ولكل واحد منها نظام متميز من حيث موسم التساقط، وهذا ما يساعد على استمرار التصريف النهري بمناسيب عالية حتى في الفصول الجافة، مثل نهر النيل والدانوب والمسيسبي.[15]

ثالثاً – أنماط التصريف النهري:

تتباين أنماط التصريف النهري من مكان لاخر متأثرة بعدة عوامل طبيعية، منها ما يأتي:

1) طبيعة انحدار سطح الأرض.

2) نوع التراكيب الصخرية وطبيعة بنية الطبقات.

3) مدى تجانس التكوينات الصخرية.

4) نوع المناخ السائد في المنطقة

5) التطور المورفولوجي للمجرى.

6) اثر الحركات التكتونية وما ينتج عنها من التواءات وانكسارات تنعكس آثارها على التصريف المائي.

وتختلف أنماط التصريف حسب العامل المهيمن وكما يأتي:

1 – أنماط تصريف حسب ميل الطبقات:

وتقسم الى عدة انواع منها ما يأتي:

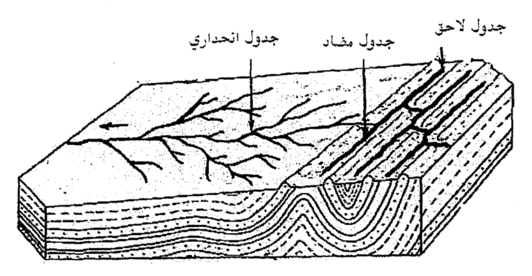
أ) انهار تتبع مجاريها ميل الطبقات لذا تسمى انهارا تابعة Consequent steam.

ب) انهار تجري باتجاه معاكس لميل الطبقات فتسمى انهار معاكسة obsequent stream وتسمى في بعض الأحيان مضادة.

ج) انهار تجري مع مضرب الطبقات او بشكل مواز لخط الظهور وتسمى انهارا تالية Subsequent stream، شكل رقم (5 – 15).

د) انهار تجري في اتجاهات لاعلاقة لها بميل الطبقات فتسمى انهار غير محددة الاتجاه Insequent stream.[16]

شكل رقم (5 – 15) أنماط التصريف حسب ميل الطبقات



2 – أنماط تصريف حسب طبيعة التضاريس وبنية الطبقات الصخرية.

تتحكم طبيعة التضاريس ومكوناتها بالتصريف النهري فنتج عن ذلك ظهور أنماط متميزة في المناطق التضاريسية المختلفة الجبلية والهضبية والمنبسطة والمنخفضة، ومنها ما يأتي:

أ – التصريف الشجري:

يسود هذا النوع من التصريف في المناطق الصخرية المتجانسة التركيب والبنية، اذ تلتقي الروافد مع بعضها بزاوية حادة وتكون كثيرة وقصير الروافد ة فتأخذ شكل شجري، شكل رقم (5 – 16 أ).

ب – التصريف المتشابك:

يظهر هذا النوع في المناطق ذات الحافات الصخرية والكويستات، حيث تكون الأنهار طولية ومتوازية وتتجه مع ميل الطبقات وتتصل بها روافد عرضية تشق مجراها في التكوينات اللينة أو الضعيفة وبزاوية قائمة، وينتشر هذا النوع في المناطق

ذات التراكيب الصخرية المتباينة الصلابة والمتضمنة صدوع وكسور وفواصل تتبعها المجاري، شكل رقم (5 – 16 ب).

ج- التصريف المستطيل:

يتكون هذا النوع في المناطق التي تحتوي على فواصل وفوالق وصدوع التي تتبعها المجاري وتلتقي مع بعضها بزوايا قائمة وتأخذ شكلا مستطيلا، شكل رقم (5 – 16 ت).

د- التصريف المركزي:

تتجه بعض المجاري في جريانها نحو المخفضات الحوضية من عدة جهات مثل الأنهار التي تنحدر نحو البحيرات البركانية، شكل رقم (5 – 16 ث).

هـ- التصريف المتوازي:

وهي مجاري طولية تجري بشكل متوازي وتفصل بينها مسافات متقاربة، ويوجد في المناطق الصحراوية التي تغلب عليها صفة الانبساط، شكل رقم (5 – 16 ج).

و- التصريف الشعاعي:

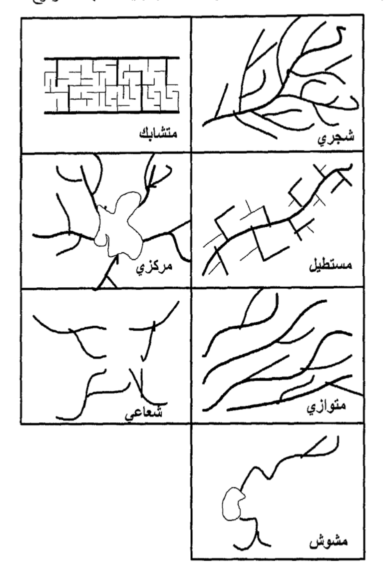
تتجه المجاري التي تنحدر من أعلى القمم الجبلية في اتجاهات عديدة متخذة شكل شعاعي، شكل رقم (5 – 13 ح).

ي- التصريف المشوش:

يتكون هذا النوع في ظروف مناخية معينة حيث لا تتخذ المجاري شكل واضح وثابت ومنتظم اذ تتضمن الأجزاء العليا من تلك المجاري التواءات ويمر في مستنقعات واسعة، ويعد هذا النوع قليل الوجود وربما كان سائدا في الأزمنة

الجيولوجية القديمة عندما حدثت تغيرات مناخية كبيرة، شكل رقم (5 – 16 خ).[17]

شكل رقم (5 – 16) أشكال التصريف حسب بنية الطبقات ونوع التضاريس



رابعا – تطور مجرى النهر:

يمر مجرى النهر بتطورات من حيث العمق والتوسع والامتداد الأفقي من مكان لاخر وكما يأتي:

1 – تعميق المجرى:

تتظافر عدة عوامل في تعميق المجرى منها ما يأتي:

أ. قوة جريان الماء.

ب. تعرية او نحت القاع.

ج. وجود حفر وعائية وتراكيب ثانوية في قاع المجرى.

د. ألحت او التجوية الكيميائية.

ه. التجوية الميكانيكية بفعل قوة ضغط الماء في الفواصل والشقوق او قوة اصطدام الكتل المتدحرجة بالقاع.

و. طبيعة تكوينات قاع المجرى حيث تتعمق التكوينات الهشة اكثر من الصلبة.

2 – توسع المجرى:

تتسع مجاري الأنهار في بعض المواضع بشكل متميز عما حولها لذا تتباين المقاطع العرضية لتلك الأنهار من مكان لاخر ويعود الى عدة أسباب منها ما يأتي:

أ. التعرية الجانبية وما ينتج عنها من عمليات انزلاق وانهيار بعد تقويض الأجزاء السفلي من الأجراف النهرية، وتكون على نطاق واسع في المناطق الهشة فتظهر أوسع من غيرها.

ب. فعل المياه الجوفية التي تتسرب من المناطق المحيطة بالمجرى والتي تعمل على تقويض الضفاف التي تمر من تحتها.

ج. تأثير الرياح من خلال ما تحدثه من أمواج تعمل على تأكل الضفاف.

د. مواقع التقاء الروافد بالمجاري الرئيسية.

3 – **إطالة المجرى:**

يزداد طول المجرى لعدة أسباب منها ما يأتي:

أ. التعرية او النحت التصاعدي أي المتراجع وما يترتب عليه من تقويض او هدم الذي يحدث في بداية المنابع.

ب. وجود مخفضات عند منابع الأنهار على شكل أحواض تتجمع فيها المياه لتجري في الروافد فينتج عن ذلك عمليات تعرية وتجوية تتجه نحو أعلى المجرى فيزداد طوله.

ج. تكون المنعطفات والالتواءات في المجرى فتزيد من طوله.

د. تعرض بعض المصبات الى حركات رفع تكتو نية تعمل على زيادة طول المجرى.(18)

المبحث الرابع – التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة مجاري أو قنوات الأنهار:

يمكن أجراء عدة تطبيقات مورفومترية وهيدرولوجية في مجاري الأنهار وكما يأتي:

أولاً – رسم مقطع طولي لمجرى النهر:

يعتمد رسم المقطع الطولي لمجرى النهر كاملا او لجزء منه على الخريطة الكنتورية التي تتضمن مجرى النهر من منبعه الى مصبه، حيث توضح الخطوط الكنتورية قيم ارتفاع كل جزء من المجرى والمسافة التي يشغلها، شكل رقم (5 – 17 أ) وتكون الخطوات كالآتي:

1) تحديد أعلى نقطة والتي تمثل بداية المجرى وادنى نقطة التي تمثل المصب، ومن ذلك يتم التعرف على الفرق في الارتفاع بين المنبع والمصب.

2) معرفة عدد الخطوط الكنتورية التي تقطع المجرى من بدايته الى نهايته، والمسافة بين خط واخر على الخريطة(مقياس رسم الخريطة) وما يقابلها على الأرض، والتي يمثل مجموعها الطول الحقيقي للنهر، شكل رقم (5 – 17 أ) يبين مجرى نهر تقطعه خطوط كنتورية، ومن قياس المسافة الافقية بين خط واخر كانت النتائج كما يأتي:

0 – – – 50= 10 كم

50 – – – 100= 15 كم

100 – – – 150= 20 كم

150 – – – 200=10 كم

200 – – – 250=22 كم

250—300=23 كم

300 – – – 350=25 كم

350 – – – 400=35 كم

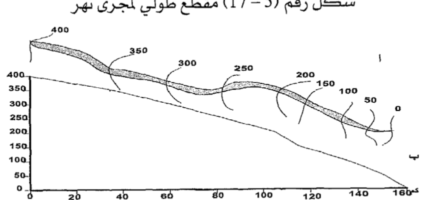
3) رسم خط أفقي يمثل طول المجرى ويقسم الى أقسام بما يتناسب مع قيم المسافات بين الخطوط الكنتورية والتي مجموعها 160 كم.

4) رسم خطين يتعامدان على نهاية الخط الأفقي يمثلان الارتفاع والذي يمثل الفرق بين المصب والمنبع، وفي المثال السابق يساوي 400 م، ويتم تقسيمهما الى أجزاء تتناسب مع مقدار الفاصل الرأسي بين خط واخر.

5) تحدد مواقع الخطوط حسب المسافة والارتفاع أفقيا ورأسيا من بداية المجرى الى نهايته

6) توصيل المواقع ببعضها بخط يظهر بشكل منحدر ومتعرج معبرا عن طبيعة المجرى، شكل رقم (5 – 17 ب)

شكل رقم (5 – 17) مقطع طولي لمجرى نهر



ثانياً – رسم مقاطع عرضية لقناة النهر:

1 – عوامل تغير المقاطع العراضية

تعبر المقاطع العرضية عن طبيعة سعة المجرى وعمقه الذي يتغير من مكان لاخر متأثرا بعدة عوامل منها ماياتي:

أ. تعرض الضفاف الخارجية للمنعطفات والالتواءات الى التآكل فتظهر على شكل أجراف مرتفعة شديدة الانحدار، في حين تتعرض الجهة المقابلة والتي تسمى الضفة الداخلية الى الترسيب فتتقدم نحو المجرى وتكون على مستوى منخفض بطيء الانحدار.

ب. مرور النهر في تكوينات متباينة الصلا بة إذ تتركز التعرية في المناطق الضعيفة وتقل في المناطق الصلبة لذا يتسع المجرى في الأولى ويضيق في الثانية

ج. قلة تغيير سعة المجرى في الأنهار التي تجري في الشقوق والانكسارات التي تتضمنها الطبقات الصخرية الصلبة في بعض المناطق التي تمر بها، مثل المناطق الهضبية والجبلية حيث يكون تأثير التعرية والتجوية في الضفاف محدود جدا.

د. اتساع مجاري الأنهار في المناطق ذات التكوينات الجيرية والطباشيرية التي تنشط فيها التعرية و التجوية.

ه. وجود جزر وسط المجرى تعمل على تقسيمه الى قسمين او اكثر فيتسع المجرى لتركز التعرية في إحدى الضفاف.

و. تأثير السدود و الخزانات على مجاري الأنهارخاصة بعد السد، وذلك لتغير العمليات النهرية من تعرية وارساب بسبب التحكم في كمية التصريف التي تنعكس آثارها على المجرى.

ز. تركز الرواسب في مواضع مختلفة من قناة النهر، تكون قرب الضفاف تارة ومنتصف المجرى تارة اخرى، لذا تكون المقاطع غير منتظمة، أي عميقة في مواضع وضحلة في اماكن اخرى.

ومن الجدير بالذكر أن شكل قناة المجرى وسعتها وعمقها تنعكس أثاره على سرعة التيار الذي يقل مع سعة المجرى وضحالته وتزداد مع ضيقه وعمقه لقلة احتكاك جزيئات الماء بالمجرى.[19]

2- اسلوب قياس المقطع العرضي لقناة النهر

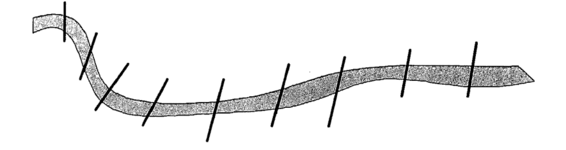
أن قياس المقاطع العرضية لمجاري الانهار يكون في الغالب على مسافات منتظمة بين مقطع واخر على طول المجرى او لجزء منه حسب نوع الدراسة والهدف منها، وتكون خطوات القياس كما يأتي :

أ. يتم اختيار مواضع معينة تقع على مسافات تكون في الغالب منتظمة بين مقطع واخر، ويتم تثبيت ذلك على الخريطة التي تمثل قناة النهر، وقد يستفاد من المعالم الطبيعية والبشرية ضمن المجرى او بالقرب منه في تحديد مواضع تلك المقاطع، لغ، مثلا مقطع شرق او غرب او جنوب او شمال جسر ما على بعد 50 م، شكل رقم (5 – 18 أ)مخطط يبين كيفية اختيار مواضع المقاطع على طول قناة النهر .

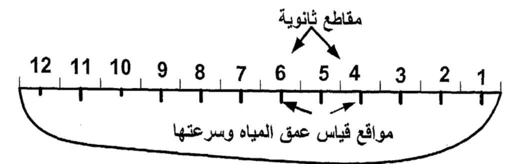
ب. قياس طول المقطع في كل موضع بواسطة شريط قياس معدني او قماش او سلك طويل او بواسطة عداد سرعة الزورق المستخدم في عملية القياس.

ج. تقسيم المسافة العرضية حسب سعة المجرى في كل موضع الى اقسام صغيرة تتراوح ما بين 10 و30 م، أي تكون منتظمة وبشكل متساوي بين ضفتي المجرى، وفي بعض الأحيان قد لاتكن المسافات متساوية بين نقطة وأخرى، أي طويلة بين بعض النقاط وقصيرة بين البعض الأخر، وهذا يتوقف على الهدف من الدراسة، ففي حالة قياس المقاطع لغرض قياس كمية التصريف يجب ان تكون المسافات منتظمة، شكل رقم (5 – 18 ب)يوضح تقسيم المقطع الى اجزاء.

شكل رقم (5 – 18 أ) تحديد مواقع القياس على المجرى



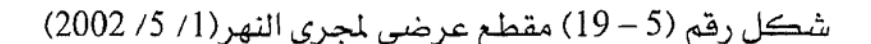
شكل رقم (5 – 18ب) تقسيم القطاع الى اقسام ثانوية وتعيين مواقع قياس العمق والسرعة

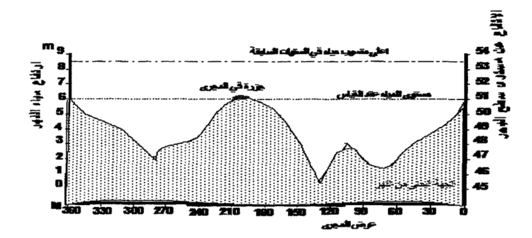


د. قياس عمق المجرى عند وسط كل جزء من الأجزاء الصغيرة وكما موضح في الشكل رقم (5 – 18 ب) باستخدام قامة طويلة من الحديد او الخشب مدرجة او بواسطة سلك برأسه ثقل، وتدون تلك القيم في جدول خاص بذلك.

ه. رسم خط أفقي يمثل طول المقطع أي سعة المجرى وتثبت عليه مواضع القياس وقيمها، ورسم خطين عند نهاية الخط الأفقي يمثلان عمق المياه في المقطع بالأمتار، و يتم تقسيمهما الى أجزاء متساوية كل جزء يساوي متر او اقل أو اكثر، والتي على ضوءها تحدد المناطق العميقة والضحلة عند تثبيت قياس كل نقطة في مكانها، ويرسم خط رأسي يتعامد على الخط الأفقي عند كل نقطة يوضح عمق المياه فيها، ومن ثم توصيل النقاط ببعضها بخط متصل يوضح طبيعة قاع المجرى في المقطع، كما يوضح المواضع العميقة والضحلة ضمنه، شكل رقم (5 – 19) يبين الشكل النهائي للمقطع .

و. يثبت تاريخ عمل المقطع بشكل دقيق، لكونه يعبر عن تصريف المياه وقاع المجرى واللذان يتغيران من فصل لاخر او من وقت لاخر، ولغرض المقارنة بين خصائص المقاطع لنفس الموضع، ولفصول وسنوات مختلفة .


شكل رقم (5 – 19) مقطع عرضي لمجرى النهر(1/ 5/ 2002)



ز. تحديد منسوب المياه في منطقة المقطع العرضي عند أجراء عملية القياس، والتي توضح وضع مناسيب المياه في كل جزء من المقطع العرضي فتظهر المناطق العميقة والضحلة، كما يتضح من خلالها مواقع الجزر أن وجدت ضمن المقطع العرضي، ويمكن تحديد مستوى أعلى منسوب للمياه شهده النهر في فيضانه والذي يكون أعلى من الضفاف لغرض المقارنة بين مناسيب المياه لعدة فترات مختلفة .

ثالثاً – أهمية دراسة المقاطع العرضية:

تعد دراسة المقاطع العرضية ذات أهمية كبيرة في مجالات عدة منها ما يأتي:

1) الاستفادة من قياس مساحة المقطع العرضي في معرفة كمية تصريف المياه المارة في المقطع خلال فترة زمنية محددة.

2) تحديد مواضع التعرية والارساب في قاع المجرى من خلال قياس عمق المياه في مواضع مختلفة.

3) توضيح المناطق التي تعرضت الى التراجع اوالتقدم في الضفاف بين فترة وأخرى، حيث تتراجع الضفاف التي تتعرض الى التعرية وتتقدم الضفاف التي تتعرض الى الارساب، ويظهر بشكل واضح في المناطق التي تلتحم بها الجزر بالضفاف فتتحول الى جزء من اليابس.

4) بيان المواضع العميقة التي يتركز عندها الجريان وتزداد سرعته، ومن ثم تنشط التعرية، اما المواضع الضحلة التي تقل فيها سرعة الجريان فتقل التعرية ويزداد الارساب.

5) معرفة المحيط المبتل الذي يمثل طول قاع المجرى مع الضفاف في المقطع العرضي، والذي من خلال العلاقة بينه وبين مساحة المقطع العرضي يمكن معرفة نصف القطر الهيدروليكي، والذي تعبر قيمته عن قوة احتكاك الماء بالقاع، فكلما كانت القيمة عالية تدل على ضعف الاحتكاك وقلة التعرية وبالعكس.[20] وتستخدم الصيغة الآتية للتعبير عن تلك العلاقة

$R=\frac{A}{WP}$ A. مساحة المقطع العرضي (Area)

WP. طول المحيط المبتل (Wetted perimeter)

وتتطلب الدراسة المورفومترية للمقاطع العرضية عمل جداول تتضمن معلومات عن جميع العناصر في تلك المقاطع كما في الجدول رقم (5 – 8).

ومن الجدول مساحة المقطع على سبيل المثال 1430 م^2 وطول المحيط المبتل 340 م

نصف القطر الهيدروليكي= $\frac{1430}{340} = 4.20$

وتعد تلك القيمة منخفضة أي التعرية عالية في هذا المقطع من المجرى.

جدول رقم (5 – 8) الخصائص المورفومترية للمقاطع العرضية لمجرى النهر

رقم المقطع وموقعه	طول المحيط المبتل(م)	معدل عمق المقطع(م)	عرض المقطع(م)	مساحة المقطع($م^2$)	قيمة نصف القطر الهيدروليكي
عند محطة الماء الجهة اليسرى	340	5	286	1430	4.20

كما يمكن أيجاد العلاقة بين المحيط المبتل وسعة المجرى، فكلما كانت القيمة عالية تدل على عمق المجرى في المقطع العرضي، وعليه تكون المياه في تلك المواضع لها القدرة على التعرية وحمل الرواسب، على سبيل المثال كانت القيمة في المثال السابق $\frac{340}{286} = 1,18$ وتعد تلك القيمة منخفضة، لأنها تكون مرتفعة إذا كانت 1.5 فاكثر.

رابعا – تطبيقات مورفومترية في دراسة المنعطفات:

1 – تعريف المنعطفات

المنعطفات عبارة عن تقوسات او انحناءات في مجرى النهر تعود الى طبيعة تكوينات القاع والضفاف وعمليات التعرية والارساب التي تحدث في المجرى.

ففي المناطق الصخرية الصلبة يتبع النهر في جريانه الفوالق والكسور لذا ما يتضمنه المجرى من منعطفات في تلك المناطق لاتعود الى عمليات التعرية والارساب، بل ناتجة عن طبيعة الصدوع والانكسارات التي يجري النهر خلالها، وعليه لاتشهد مثل تلك المنعطفات تطورا او تغيرا مثل ما يحدث في مجاري الأنهار التي تمر بالسهول

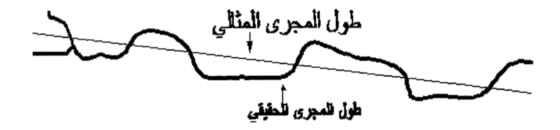
الفيضية، حيث تشهد تطورا مستمرا لنشاط عمليات التعرية والارساب التي تؤدي الى تكون العديد من المنعطفات فيزداد طول المجرى، وقد يكون فعل التعرية نشط جدا فيعمل على تغير المجرى.

وتعد تلك العمليات ذات مخاطر كبيرة على النشاط البشري في مناطق السهول الفيضية، وخاصة القريبة من الضفاف.

2 – الطول الحقيقي والمثالي لمجرى النهر

تختلف الانهار عن بعضها في نسبة التعرج والذي يتم التعرف عليه من مقدار الطول الحقيقي والمثالي للنهر شكل رقم (5 – 20)، ويعني الطول المثالي الخط المستقيم الذي يبدأ من المنبع وينتهي بالمصب ويكون اقل طولا من الحقيقي، ومن قسمة الحقيقي على المثالي تظهر نتائج متفاوتة من نهر لاخر وتكون النتائج مابين 1 و 4 حيث يكون النهر مستقيما إذا كانت النسبة 1.1 ومتعرجا عندما تكون ما بين 1.1 – 1.5 ويكون شديد الانعطاف إذا تجاوز 1.5.

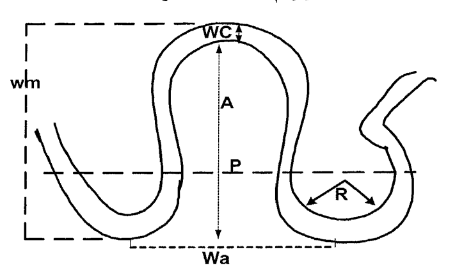
شكل رقم (5 – 20) الطول الحقيقي والمثالي للمجرى



3 – اسلوب قياس عناصر المنعطف

ان إجراء دراسة مورفومترية متكاملة للمنعطفات يتطلب قياس عناصرها الموضحة في الشكل رقم (5 – 21) والمتمثلة بما يأتي:

شكل رقم (5 – 21) عناصر المنعطفات



أ. سعة القناة في المنعطف Wc والتي تكون واسعة بشكل متميز في قمته لتركز التعرية في الضفاف الخارجية لقمة المنعطف.

ب. طول موجة المنعطف Wa وتعني المسافة بين قمتي المنعطف.

ج. نطاق المنعطف Wm ويعني مقدار امتداده من بداية انعطافه الى قمته.

د. مدى المنعطفA وتمثل المسافة بين قاع المنعطف وقمة موجة الانعطاف.

ه. نصف قطر انحناء أو تقوس المنعطفR الذي يعبر عن طبيعة انحناء المنعطف في قمته.

و. طول المجرى في المنعطف T.

ز. نقطة تغير الانعطاف P. [21]

ولغرض أيجاد العلاقة بين عناصر المنعطف يتم عمل جدول يتضمن قيم تلك العناصر وكما في الجدول رقم (5 – 9)

جدول رقم (5 – 9) الخصائص المورفومترية للمنعطفات

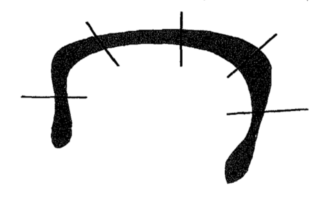
اسم او رقم المنعطف وموقعه	طول الموجة أو المحور/كم	طول المجرى في المنعطف/كم	المدى/ كم	معدل عرض المنعطف/م	نسبة التعرج	نسبة طول المجرى إلى معدل العرض	اتجاه تقعر المنعطف
الدوار رقم 1 مقاطعة 10	3	4.5	2	390	1.5	7.5	شمالا

ومن تلك القيم يمكن التعرف على العلاقة فيما بين بعض تلك العناصر ومنها ما يأتي:

أ) نسبة تموج المنعطف= $\frac{T}{Wa} = \frac{4,5}{3} = 1.5$

ب) نسبة العلاقة بين طول المجرى في المنعطف ومعدل العرض ضمن موجة الانعطاف والذي يحتاج الى قياس العرض في عدة مواضع وتجمع وتقسم على عددها ، شكل رقم (5 – 22).

شكل رقم (5 – 22) مواقع قياس عرض مجرى النهر في المنعطف



ومن الجدول نسبة العلاقة $5.11 = \frac{4500}{390} = \frac{T}{Wc}$

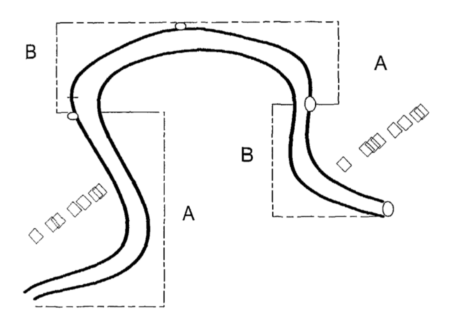
ج) تناظر وعدم تناظر أطراف المنعطفات والالتواءات في أبعادها.

تجري مقارنة أطراف المنعطفات من خلال قياسها حسب معادلة(Whitesell):

$$100x\frac{A}{B+A}$$

حيث يمثل A طول المجرى قبل نقطة الانحراف في قمة المنعطف في الطرف ص وB تمثل المجرى بعد A، اما في الطرف سE تمثل طول المجرى قبل نقطة الانحراف في قمة المنعطف وA ما بعده، شكل رقم (5 – 23).[22]

شكل رقم (5 – 23) تناظر إطراف المنعطف



ان معرفة تناظر وعدم تناظر أطراف المنعطفات يحتاج الى قياسها وعمل جداول لتلك القيم مثل جدول رقم (5 – 10) يوضح قيم التناظر.

جدول رقم (5 – 10) قيم التناظر في المنعطفات

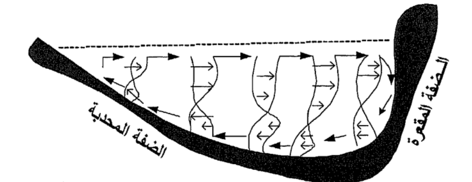
اسم المنعطف ورقمه	الطرف س		قيمة معيار التناظر	الطرف ص		قيمة معيار التناظر	صفة التناظر
	طول الجزءA	طول الجزءB		طول الجزءA	طول الجزءB		
1	1250	1200	51.4	800	1500	34.7	غير متناظرة

ومن خلال المقارنة بين قيم التناظر بين الطرفين يتضح تناظرها او عدم تناظرها ، فإذا كانت القيم ما بين 45 و 55 تكون متناظرة، اما إذا ازدادت او قلت القيم عن هذا المدى فيعني عدم التناظر، ففي المثال السابق يقع الطرف الأول س ضمن مدى التناظر أما الطرف الثاني ص اقل من الحد الأدنى لمدى التناظر، لذا يعد طرفي المنعطف غير متناظرة.

4 – حركة تيار المياه ضمن المنعطف

تتخذ حركة المياه ضمن المنعطف وضعا مختلفا عما في المجرى الاعتيادي بسبب التواء او انعطاف المجرى فيتغير اتجاه التيار من ضفة لأخرى ضمن المنعطف، لذا تتركز التعرية في جهة والترسيب في جهة أخري، ولا يتوقف الأمر عند هذا الحد بل تحدث تيارات سفلية راجعة من الضفة المقعرة التي يجري نحوها التيار العام بقوة فيعمل على تعريتها ويتجه نحو الضفة المحدبة المقابلة حاملا معه الرواسب التي يرسبها فوقها فتعمل على تقدم تلك الضفاف وتراجع الضفاف المقعرة، شكل رقم (24 – 5).

شكل رقم (5 – 24) جريان تيار المياه ضمن المنعطفات



المبحث الخامس – تطبيقات مورفومترية في دراسة الجزر النهرية:

أولاً – اسباب تكون الجزر

تتكون الجزر النهرية في مجاري الانهار نتيجة لتظافر عدة عوامل منها:

1) ارتفاع حمولة النهر من الرواسب خاصة أثناء الفيضان.

2) انخفاض سرعة جريان النهر لاسباب عدة منها ما يأتي:

أ. قلة انحدار المجرى.

ب. اتساع المجرى.

ج. وجود معوقات للجريان طبيعية او بشرية تعمل على تقليل سرعة الجريان ومن ثم زيادة الترسيب.

د. وجود منعطفات ضمن المجرى والتي تعمل على أحداث تغيرات في سرعة الجريان بحيث تزداد في جهة وتقل في أخرى من المجرى ضمن المنعطف، لذا تتركز الرواسب في جهة والتعرية في الجهة الأخرى.

ه. التقاء الروافد بالمجرى الرئيسي.

و. دخول النهر في بحيرة او مستنقع مما يؤدي الى انخفاض سرعة الجريان ومن ثم زيادة كمية الترسيب، لذا ترتفع قاع البحيرات امام السدود في البداية، وذلك لتركز لرواسب بكميات تصل ضعف ما يصل الى وسط الخزان وامام السد.

ز. انخفاض التصريف بشكل مفاجئ.

ح. إقامة الجسور والسدود على الانهار والتي تحكمت بكميات التصريف ومن ثم القدرة على حمل الرواسب، وقد ساعد ذلك على ثبات الجزر في مجاري الانهار التي تقع بعد السدود لعدم قدرة المياه المتدفقة من خلالها على إزالة الجزر التي تكونت خلال فترة انخفاض المناسيب.

ثانياً – قياس خصائص الجزر

تحتاج دراسة الجزر الى قياس أبعادها والتي يمكن من خلال المقارنة بين قيمها ولفترات زمنية مختلفة التعرف على التطورات التي شهدتها بمرور الزمن، ويتم عمل جدول يتضمن عناصر متنوعة عن الجزر كما في الجدول رقم (5 – 11).

جدول رقم (5 – 11) العناصر التي تتم دراساتها في الجزر

موقع الجزرة أو رقمها	طول الجزرة	اقرب ضفة للجزرة	متوسط عرض الجزرة	مساحتها	شكلها	ارتفاعها عن منسوب المياه	نوع التربة	نوع النبات الطبيعي الذي يغطيها	تاريخ ظهورها
مقطع 1 جزرة 2	500م	50م عن اليسرى	100م	5000م^2	مغزلي	2م	رملية	القصب والحلفا	1988/6

وفيما يلي توضيح للفقرات التي يتضمنها الجدول:

1) موقع الجزرة لاقرب ظاهرة طبيعية او بشرية او رقم ها حسب التسلسل الذي وضعه الباحث والذي يثبت فوق موضعها الذي يظهر على خريطة المجرى.

2) اقرب ضفة للجزرة اليسرى ام اليمنى ومقدار البعد عنها ، وربما تكون في موقع وسط بين الضفتين.

3) طول الجزرة ويعني أقصى امتداد لها بالأمتار.

4) متوسط عرض الجزرة والناتج عن قياس عدة مواضع تشمل بدايتها ووسطها ونهايتها ، وتجمع القيم وتقسم على عددها.

5) شكل الجزرة التي هي عليه عند القياس مستطيل أم مخروطي او شبه دائري او مغزلي.

6) ارتفاع مستوى الجزرة عن منسوب المياه عند تاريخ القياس وذلك لتغير المنسوب من وقت لاخر حسب نظام تصريف النهر حيث تنخفض وترتفع المناسيب في فصول معينة ، والتي منها يمكن استنتاج هل الجزرة تغمرها المياه ام لا عند ارتفاع مناسيبها.

7) نوع التربة التي تتكون منها الجزرة ، حيث يتم اخذ نماذج من مواضع متعددة وأعماق مختلفة وتحلل مختبريا.

8) مساحة الجزرة من خلال قياسات الإبعاد الطول والعرض وحسب شكلها تستخرج المساحة.

9) نوع النبات الطبيعي الذي يغطي الجزرة والذي يعبر عن حداثة او قدم تلك الجزرة، فإذا كان قصير ونوع واحد او نوعين يدل على حداثتها، وإذا متنوع ومرتفع يدل على قدمها، ويعد نبات القصب من اكثر النباتات انتشارا في جزر نهر الفرات، والذي يكون قصيرا عندما تكون الجزلرة حديثة، وطويلا يصل الى اكثر من 2م عندما تكون الجزرة قديمة.

10) تاريخ ظهور الجزرة، فالقديمة يمكن الرجوع الى خرائط المجرى او الصور الجوية التي توضح وجودها أو عدم وجودها خلال فترة التصوير، ويفضل أن تكون لفترات مختلفة والتي من خلالها يمكن التعرف على التطور الذي شهدته كل جزرة.

المبحث السادس – التطبيقات الهيدرولوجية:

تشمل التطبيقات الهيدرولوجية قياس مناسيب المياه وكمية التصريف وكيفية تمثيلها هيدروغرافيا، والتي سيتم تناول كل واحد منها على حده.

أولاً – قياس مناسيب مياه النهر:

تتغير مناسيب مياه الانهار من فصل لاخر ومن سنة لأخرى متأثرة بعدة عوامل طبيعية وبشرية، ومن أهمها عدم انتظام سقوط الامطار والثلوج.

ويؤثر ارتفاع المناسيب وانخفاضها على الأنشطة المختلفة التي ترتبط بالنهر بشكل مباشر او غير مباشر، وعليه تقوم الأجهزة المسؤولة عن إدارة الانهار بقياس المناسيب بعدة وسائل والتي شهدت تطورا كبيرا لتكون اكثر دقة مما كانت عليه، ومنها ما يأتي:

1 – قامات مدرجة وثابتة:

تستخدم القامات بأوضاع ومواقع مختلفة حسب طبيعة ضفاف النهر التي يراد قياس المناسيب عندها وبشكل ثابت ومستمر، لذا يثبت بعضها على دعامات الجسور، وهي عبارة عن قامة حديدية ذات طول ملائم لارتفاع وانخفاض المناسيب، وفي حالة عدم توفر جسر او عدم ملاءمته يتم تثبيت تلك القامات في مواضع معينة عند الضفاف بحيث تكون في مأمن من عمليات التعرية والارساب، ويوجد نوعان من القامات، الاول قامة واحدة مدرجة الى أمتار واجزاء المتر وعلى ارتفاع عدة أمتار حسب المنسوب الأعلى المتوقع.

اما الثاني على شكل قامة مزدوجة تتكون من نصفين وتتضمن اجزاء القراءات الصغيرة، وفي وضع متدرج وملائم لطبيعة الضفاف المعتدلة او بطيئة الانحدار فتكون كل قامة مكملة للأخرى وبدون انقطاع، شكل رقم (5 – 25).

ولغرض متابعة التغيرات المستمرة في المناسيب تنظم سجلات للقراءات اليومية والمتوسطات الشهرية والسنوية والتي من خلالها يمكن أجراء مقارنات بين الفترات المختلفة.

شكل رقم (5 – 25) قامات قياس المناسيب

2 – مقاييس متحركة او غير ثابتة:

تعد تلك المقاييس بسيطة وتستخدم لقياس المناسيب في مناطق معينة ولفترة محدودة ومنها ما يأتي:

أ. قامة حديدية او خشبية مدرجة يصل ارتفاعها الى عدة أمتار وتكون خفيفة الوزن، وربما تكون على شكل اقسام اثنين او ثلاثة يسهل ربطها ببعضها لقياس اعمق المناطق.

ب. سلك بنهايته ثقل يحافظ على استقامته بسبب قوة التيار، ويكون مدرج بإحدى وحدات القياس.

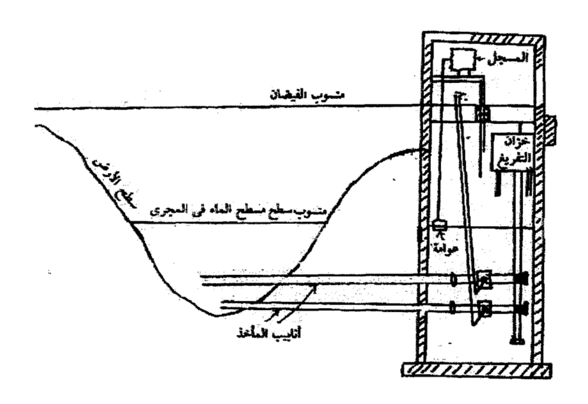
3 – مقاييس التسجيل الذاتي:

رغم سهولة استخدام المقاييس الثابتة والمتحركة ألا أنها متعبة وخاصة عندما ترتفع المناسيب بشكل مفاجئ وحدوث فيضانات، حيث تتطلب الحالة قراءة المناسيب بشكل مستمر وعلى طول الوقت، وعليه تستخدم الأجهزة التي تقوم بمتابعة التغيرات بشكل ذاتي او أوتوماتيكي، ومن تلك الأجهزة ما يأتي:

أ – المقياس الآلي:

يحتاج هذا المقياس عمل محطات خاصة قرب المجرى ومد أنابيب لنقل المياه من المجرى الى المحطة فتنتقل التغيرات في المناسيب اليه كما في المجرى والتي تعمل على تحريك عوامة تتصل بمؤشر يتحرك فوق ورق بياني مثبت على اسطوانة تدور بمعدل ثابت وبشكل ميكانيكي، شكل رقم (5 – 26 أ).

شكل رقم (5 – 26) مقياس مناسيب المياه الآلي



ب – المقياس الإلكتروني:

استخدمت تلك المقاييس في مجال قراءة المناسيب باستعمال كارت خاص مصمم لهذا الغرض يحتوي على معلومات تتعلق بالمناسيب وأخرى تتعلق بالزمن، وتعد تلك الأجهزة عالية الدقة ويسهل استخدمها لذا تستخدم في قياس سيول الأودية الجافة عند سقوط الامطار، شكل رقم (5 – 27 ب)نوع من المقايس الالكترونية.

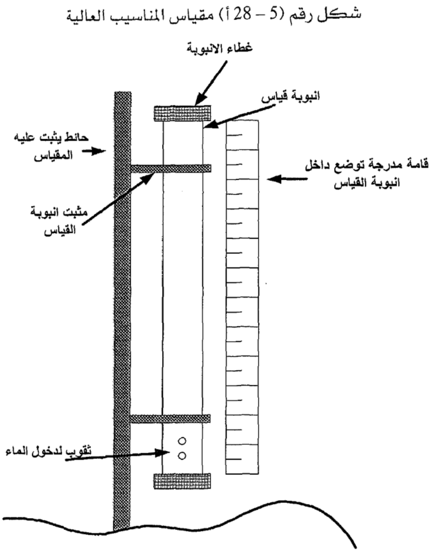
شكل رقم (5 – 27)نوع من المقايس الالكترونية.



ج– مقياس المناسيب القصوى:

يستخدم هذا النوع لتسجيل أعلى منسوب مياه لثبات المؤشر او العوامة عند أعلى نقطة يصلها ، و بعد قراءة المنسوب يتم تحريك المؤشر ليكون جاهزا للتسجيل اللاحق، وهو على انواع منها على شكل أنبوب مثبت بشكل عمودي على حامل او دعامة جسر ومغلق من الأعلى ويتضمن فتحات لدخول الماء من الأسفل، وتوجد بداخله قامة مدرجة على طوله وتوجد مادة خاصة تطفو او تذوب في الماء بحيث تترك أثرا على القامة عند أقصى حد تصله المياه، فعند استخراج القامة يظهر الأثر واضحا عليها، شكل رقم (5 – 28). [23]

شكل رقم (5 – 28 أ) مقياس المناسيب العالية



د – مقياس المناسيب بواسطة الموجات المايكروفية:

يعد من الاجهزة الحديثة جدا المستخدم في متابعة تغير مناسيب المياه، حيث يتم تثبيت الجهاز على احد دعامات الجسور فيقوم بتصوير مناسيب المياه، شكل رقم (5 – 28 ب)صورة لمقياس المناسيب بواسطة الموجات المايكروفية.

شكل رقم (5 – 28 ب)صورة لمقياس المناسيب بواسطة الموجات المايكروفية.



ثانياً – قياس تصريف المياه:

المقصود بالتصريف كمية المياه المارة في قناة النهر عند نقطة معينة في فترة زمنية محددة، وتقاس بالمتر المكعب في الثانية(م^3 / ثا).

وتستخدم المعادلة الآتية لقياس التصريف:

$$Q=WV$$

Q كمية التصريف

W مساحة المقطع العرضي

V سرعة جريان الماء في المقطع.

ويتطلب قياس التصريف الإجراءات آلاتية:

1) اختيار مواضع مناسبة يمكن أجراء عمليات القياس عندها، مثل جسر او منطقة يسهل مد سلك بين ضفتيها ويسهل تحرك الزورق عبرها.

2) قياس المقطع العرضي المار الذكر ويقسم الى اقسام متساوية في السعة، على سبيل المثال عرضه 240 م يقسم الى 12 مقطع طول كل واحد 20 م، ويثبت في وسطه نقطة قياس العمق والسرعة.

3) قياس عمق المجرى عند وسط كل مقطع صغير والتي تسمى في بعض الأحيان بالمقاطع الرأسية والتي يستفاد منها في المجالات الآتية:

أ. معرفة مساحة المقطع العرضي من خلال ضرب طول المقطع في متوسط أعماق المقاطع الصغيرة، او للدقة من مجموع مساحات المقاطع الصغيرة(طول المقطعx العمق).

ب. قياس سرعة الجريان يعتمد على عمق المياه لأنها تكون على مستويين علوي وسفلي، العلوي يمثل 20٪ من العمق الكلي والسفلي 80٪ منه، فعلى سبيل المثال العمق 3 م يكون العمق الأول 60 سم

$\frac{20x300}{100} = 60$ سم.

أما السفلي فيكون على عمق 240 سم: $\frac{80x300}{100} = 240$ سم.

4 – **قياس سرعة الجريان:**

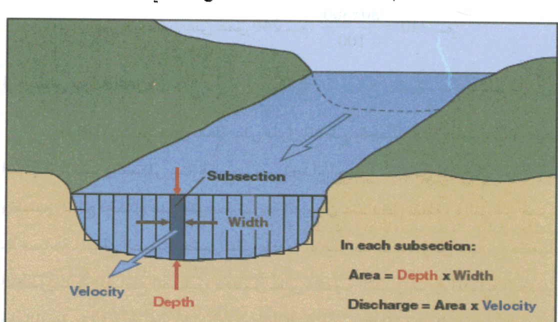
بعد قياس عمق كل نقطة على طول المقطع وتحديد مستويات أعماق قياس السرعة العليا والسفلى يتم قياسها باستخدام أجهزة القياس المتاحة، ومن جمع وتقسيم الناتج نحصل على متوسط سرعة الجريان عند كل نقطة، والتي من ضربها في مساحة المقطع الصغير نحصل على كمية التصريف ضمنه ومن مجموع كميات التصريف في المقاطع الصغيرة نحصل على كمية التصريف في المقطع الكبير، وهنالك طريقة أخري هي ضرب متوسط التصاريف في المقاطع الصغيرة في مساحة

المقطع عامة، والتصريف في أي مقطع يساوي (طول المقطع x العمق × متوسط السرعة). مثال طول مقطع 20 م متوسط عمق المياه 3 م متوسط سرعة الجريان 2م/ثانية، فكمية التصريف = 20 × 3 × 2 = 120 م^3/ ثا، شكل رقم (5 – 29) مخطط يبين مقطع عرضي لقناة نهر، والمقاطع الثانوية، ومواضع قياس العمق وسرعة الجريان وسعة المقطع.

ومن الجدير بالملاحظة إذا كان أحد المقاطع الصغيرة ضحل لايمكن أجراء قياس سرعة الجريان على مستويين يكتفي القياس على مستوى واحد في منتصف العمق.

وفي بعض الأحيان ولغرض السرعة في قياس كمية التصريف يتم اختيار مواقع معينة ضمن القطاع العرضي وعلى مسافات متباينة وتقاس الأعماق وسرعة الجريان فيها وتؤخذ متوسطاتها وتضرب في طول المقطع، وهي اقل دقة من الأسلوب السابق.

شكل رقم (5 – 29)مخطط يبين مقطع عرضي لقناة نهر

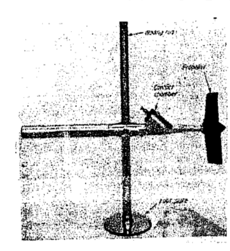


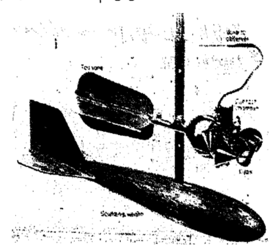
الأجهزة المستخدمة في قياس سرعة الجريان:

تقاس سرعة الجريان بعدة أجهزة ألا أن الشائع منها الكرينتميتر(Current meter) وهو على نوعين البرايس والبروبلير (Price and Propeller) والأول اكثر شيوعا من الثاني، ويتكون من ستة بوتقات مخروطية الشكل ومثبتة على عجلة تدور حول محور رأسي وهي مثبتة على عمود في أسفله ثقل يصل وزنه الى 10 كغم للمحافظة على الوضع العمودي او الرأسي، ويوجد في الجهة الأخرى المقابلة للبوتقات عدد من الريش للمحافظة على الاتجاه والتوزان، شكل رقم (5 – 30 أ)، ويستخدم كابل لانزال الجهاز في الماء ويفضل آن يكون مقسما الى أمتار لغرض الدقة في القياس وفق العمق المحدد، ويتصل بالبوتقات الدوارة أسلاك لنقل الحركة الى جرس رنان والذي تزداد دقاته مع زيادة السرعة وبالعكس، لذا يتمكن الراصد من تسجيل ذلك وخلال وقت محدد بالثواني، وفي ظل التطور الإلكتروني فان الدقة في التسجيل افضل من السابق حيث تنتقل الحركة الى الأجهزة الإلكترونية فتظهر القيمة بشكل مباشر.

اما النوع الثاني البروبلير فيختلف بعض الشيءً عن الاول اذ توجد مروحة تدور على المحور بدل البوتقات والباقي نفس النظام، شكل رقم (5 – 30 ب).[24]

شكل رقم (5 – 30) أجهزة قياس سرعة الجريان

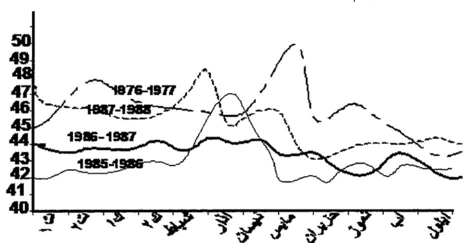




ثالثاً – تمثيل المناسيب والتصاريف هيدروغرافيا:

تستخدم الأشكال الهيدروغرافية لتوضيح المناسيب والتصاريف الشهرية والسنوية والتغيرات التي تشهدها من سنة لأخرى، إذ يمكن أجراء مقارنات بين التصاريف أو المناسيب لعدة سنوات بواسطة تلك الأشكال فتظهر الفروقات واضحة زيادة أم نقصان، ويتكون الشكل الهيدروغرافي من خط أفقي يمثل الأيام او الأشهر او السنوات التي يراد رسم شكل لها، وخط يتعامد على إحدى نهايتي الخط الأفقي يمثل المناسيب او التصاريف، والتي يجب أن تكون متميزة عن بعضها بخطوط ملونة او مختلفة السمك او النوع، شكل رقم (5 – 31 أ) شكل هيدروغرافي لمناسيب مياه النهر لعدة سنوات.

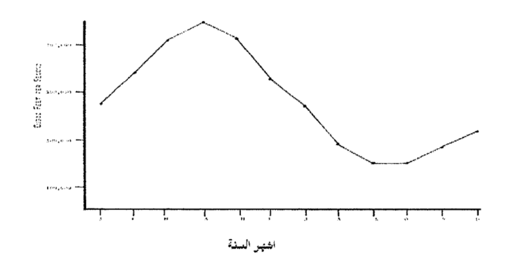
شكل رقم (5 – 31 أ) شكل هيدروغرافي لمناسيب المياه



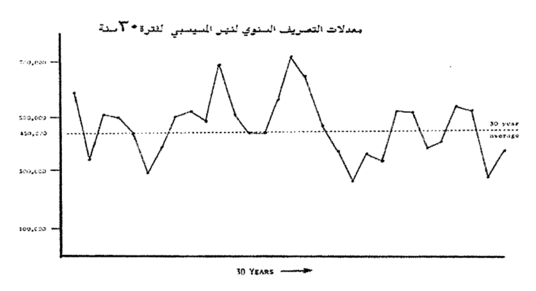
ومن الاشكال الهيدروغرافية التي يمكن الاستفادة منها في تمثيل التصريف النهري الشهري سواء لسنة واحدة اولفترة طويلة من الزمن تصل الى اكثر من 30 سنة، حيث يعبر الشكل عن معدل التصريف الشهري خلال تلك الفترة، شكل رقم (5 – 31 ب)شكل هيدوغرافي يبين معدل التصريف الشهري لنهر المسيسبي ولفترة زمنية طويلة تصل الى اكثر من 30 سنة.

كما يستخدم الشكل الهيدروغرافي للتعبير عن معدل التصريف السنوي خلال فترة زمنية طويلة، كما في الشكل الهيدروغرافي رقم (5 – 31 ت) الذي يبين معدل التصريف السنوي لفترة طويلة.

شكل رقم (5 – 31 ب) شكل هيدوغرافي يبين معدل التصريف الشهري لنهر المسيسبي



شكل رقم (5 – 31 ت) يبين معدل التصريف السنوي لفترة طويلة



المبحث السابع – التطبيقات المورفومترية في دراسة مجاري الاودية الجافة

أولاً – مقارنة بين الاودية الجافة والانهار الجارية

تختلف مجاري الاودية الجافة عن مجاري الانهار في عدة جوانب منها ما يأتي:

1) تكون الاودية اقل طولا من الانهاربصورة عامة.
2) الاودية اقل سعة من قنوات الانهار.
3) الجريان في الاودية متقطع وفي اوقات غير منتظمة، اما الانهار الجريان مستمر.
4) تقع الاودية في المناطق الجافة، اما الانهار فتمر في بيئات جافة ورطبة.
5) يختلف العمل الجيومورفولوجي في الاودية عما يحدث في الانهار، كما تختلف الاشكال الارضية في الاودية عما في الانهار.
6) تتميز ضفاف الاودية عن الانهار بانها تكون بصورة عامة شديدة الانحدار، وقد تكون جرفية الشكل، بينما تكون ضفاف الانهار متنوعة.
7) تنشط عمليات التجوية وخاصة الميكانيكية في الاودية الجافة بشكل متميز عما في الانهار.
8) يحيط بقنوات الانهار في المناطق المنبسطة ارض واسعة تسمى وادي النهر، والتي تغمرها المياه في اوقات الفيضان فكونت السهول الفيضية، في حين لاتوجد هذه الظاهرة في الاودية الجافة.
9) يتغير المظهر العام لقناة النهر بمرور الزمن بسبب تغير عمليات التعرية والارساب، بينا لايشهد الوادي تغيرات كبيرة بسبب قلة جريان المياه فيه، ومن ثم عمليات التعرية والارساب.

ثانياً – التطبيقات المورفومترية في دراسة الاودية الجافة:

1) رسم مقاطع عرضية للوادي:

تختلف المقاطع العريضة للاودية الجافة عن المقاطع العرضية لمجاري الانهار من حيث السعة والتضاريس، كما ان قاع النهر تغمرها المياه، والاودية الجافة لاتغمرها المياه الا لفترة قصيرة عند سقوط الامطار، لذا تكون اقل تعقيدا من الانهار.

ان رسم تلك المقاطع يحتاج الى الخطوات الاتية:

أ. زيارة ميدانية الى الوادي من منبعه الى مصبه، ثم يتم اختيار مقاطع محددة تتميز عن غيرها من حيث التعرية او الارساب او التراجع، او السعة.

ب. تثبيت مواضع تلك المقاطع على الخريطة التي تضم الوادي.

ج. التقاط صورة فوتوغرافية للمقطع لتكون داعمة لما يعمله الباحث.

د. قياس سفوح الوادي بواسطة شريط قياس، ويتم تثبيت قيم القياس على ورقة وتحدد الجهة اليمنى او اليسرى من الوادي.

ه. قياس قاع الوادي ما بين الضفتين ثم تثبت قيمها

و. قياس انحدار جانبي الوادي وتثبت قيمة كل جهة

ز. وفي حالة وجود عدة مستويات في ضفاف وقاع الوادي يتم تقسيم المقطع الكبير الى مقاطع صغيرة حسب التغيرات في الانحدار والامتداد لغرض الدقة في القياس والرسم ويعطى كل جزء رقم ويتم قياس طوله وارتفاعه وزاوية انحداره، ويتم اعداد جدول يضم قيم قياس العناصر المارة الذكر، جدول رقم (5 – 12) يضمن قيم القياس المارة الذكر.

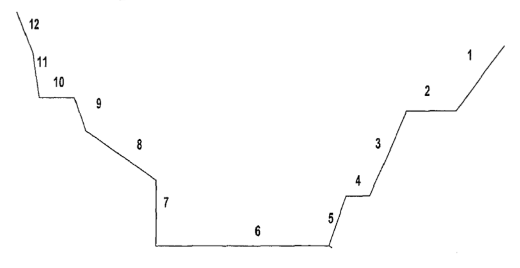
جدول رقم (5 – 12) يضمن قيم القياس المارة الذكر.

رقم المقطع(الجزء)	الطول(م)	الارتفاع(م)	الزاوية
1	4	3	°75
2	2	2	°1
3	6	3	°88
4	2	0	°0
5	4	3	°45
6	12	0	°0
7	3	2	°90
8	5	2	°60
9	3	2.5	°80
10	5	0	°0
11	3	3	°90
12	4	3	°50

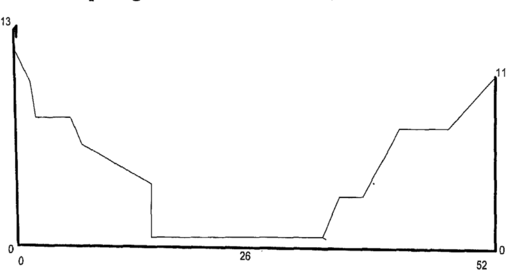
والشكل رقم (5 – 32 أ) يبين طريقة قياس السفوع المدرجة وكيفية عمل مقاطع عرضية لتلك الاودية حسب القيم التي يتم الحصول عليها، ومن الجدول السابق يتم حساب ارتفاع كل جهة ومن الشكل السابق كانت 11 م الجهة اليمنى و12، 5 م اليسرى، ثم حساب مجموع المسافة وكانت في المقطه السابق 53 م، وبعد

تقسيم الاعمدة الى قيم مساوية لارتفاع الجهتين وتقسيم الخط الافقي الذي يربط بينهما الى قيم تساوي المسافة الافقية، يتم تثبيت قياس كل مرتبة من المدرج من حيث المسافة وزاوية الميل، فنحصل على شكل بياني يعبر عن طبيعة مقطع الوادي في ذلك الموضع، وكما في الشكل رقم (5 – 32 ب).

شكل رقم (5 – 32 أ)يبين طريقة القياس السفوح المدرجة



شكل رقم (5 – 32 ب) يبين شكل مقطع الوادي



وتتبع الخطوات الاتية في رسم المقطع:

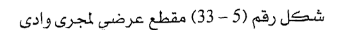
أ) رسم خطان عموديان يمثلان جانبي الوادي

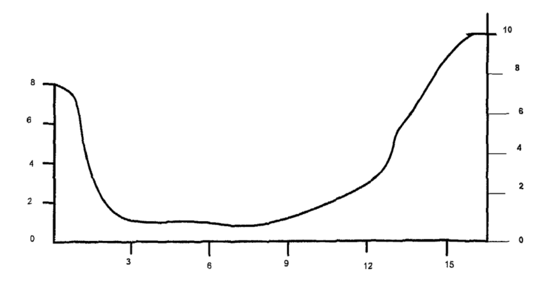
ب) رسم خط افقي يمثل قاع الوادي يربط بين الخطين السابقين

ج) يتم تقسيم الخطان العموديان الى اجزاء متساوية يساوي مجموعها قيمة ارتفاع الضفاف، كما يقسم الخط الافقي الى اقسام تساوي قيمها سعة الوادي.

د) تستخدم قيمة زاوية الانحدار اودرجته لتحديد درجة ميل الضفة والتي تطبق على المقطع، كما يقاس طول الضفة، وقد تختلف الضفتان المتقابلتان في الارتفاع والميل والطول، وهذا ما يظهره المقطع، كما يمكن رسم مقطع للمناطق التي تحدث فيها عمليات اعادة نشاط التعرية القاعية والتي يطلق عليها اعادة الشباب، ومن الجدير بالذكر عند رسم المقطع العرضي يدويا تستخدم المنقلة في تحديد زاوية الانحدار، ولزيادة في التوضيح يمكن عمل تمارين تطبيقية وكما يلي:

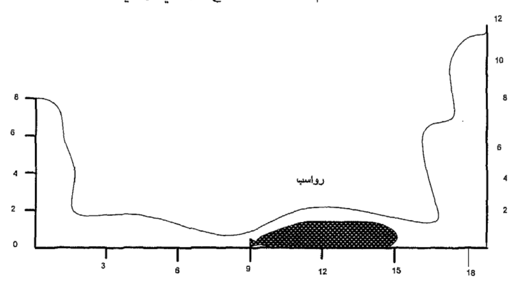
1. ارسم مقطع عرضي لوادي في موضع كان ارتفاع الضفة اليسرى 8 م وزاوية الانحدار80°، وارتفاع الضفة اليمنى 10 م، وطولها 13 م، وزاوية الميل 70° وكان عرض الوادي بين الضفتين 15م، شكل رقم (5 – 33) مقطع عرضي لمجرى وادي.


شكل رقم (5 – 33) مقطع عرضي لمجرى وادي



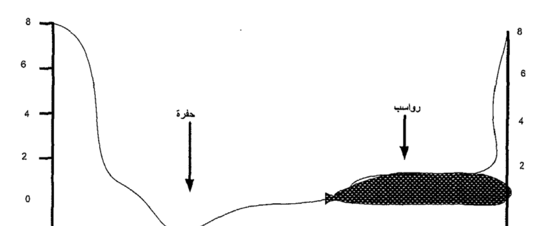
واذا كان في قاع الوادي رواسب مرتفعة عن القاع الاصلية فيمكن تمثيلها في المقطع وبدقة عالية من حيث الموضع والارتفاع، على سبيل المثال في المقطع السابق توجد رواسب على الجهة اليسرى بارتفاع 1، 5 م وامتداد 6م، ومستوية السطح، فيكون المقطع كما في الشكل رقم (5 – 34).

شكل رقم (5 – 34) مقطع عرضي لوادي



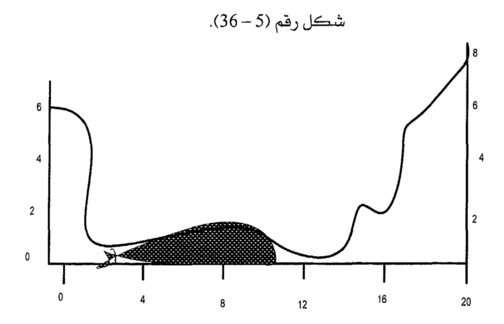
او قد توجد حفرة في على بعد 3م عن الضفة اليمنى في المجرى وبعمق 1م وسعة 3م، فيكون المقطع كما في الشكل رقم (5 – 35)، ومن الجدير بالملاحظة ان مثل هذا المقطع يحتاج الى عملية ترقيم عمودية تختلف عن النوع السابق، اذ يتطلب ترقيم فوق الصفر وتحته، كما في الشكل.

شكل رقم (5 – 35) مقطع عرضي لوادي



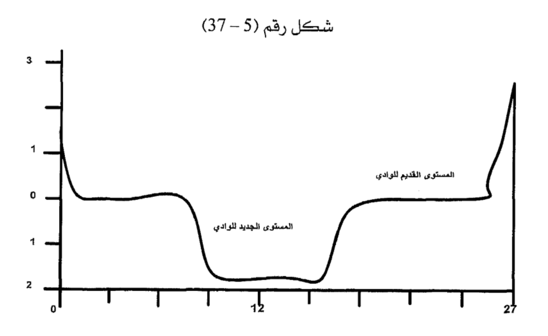
2. ارسم مقطع عرضي لمجرى وادي عرضه 20م وارتفاع ضفته اليسرى المتدرجة المرتبة الاولى 8م، والطول 6م، وزاوية الانحدار 45°، وارتفاع المرتبة الثانية 4م وزاوية الانحدار 90°، وارتفاع المرتبة الثالثة 2، 5م، والطول 2م، وزاوية الانحدار 80°، اما الجهة اليمنى فكان ارتفاعها 6م، وطولها 11م، وزاوية انحدارها 3°، وتجمع في قاع الوادي رواسب هرمية الشكل على ارتفاع 1م وسعة 8م، وعلى مسافة 2م من الضفة اليمنى، سيكون كما في الشكل رقم (5 – 36).

شكل رقم (5 – 36).



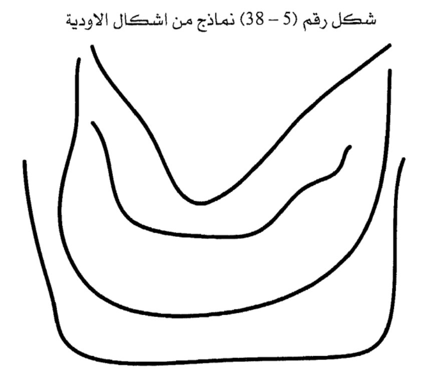
ويمكن رسم مقطع لوادي يمر في مرحلة الشباب، وكما في الشكل رقم (5 – 37)

شكل رقم (5 – 37)



وتتخذ المقاطع العرضية اشكالا مختلفة حسب نشأة الوادي والعمليات التي يتعرض لها بمرور الزمن، كما في الشكل رقم (5 – 38)

شكل رقم (5 – 38) نماذج من اشكال الاودية



ثالثاً – رسم مقطع طولي للوادي باستخدام نظام المواقع العالمي GPS

يمكن رسم مقطع طولي لاي انحدار باستخدام نظام المواقع العالمي في حالة عدم توفر خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة، ولكن يحتاج الى دراسة ميدانية لاجراء قياس الارتفاع عن مستوى سطح البحر والمسافت الافقية بين قياس واخر، وكلما كانت المسافة اطول زادت المسافة بين موضع قياس واخر، ويفضل ان تكون المسافة منتظمة، على سبيل المثال المسافة الكلية 100كم تكون مواضع القياس كل 10 كم أي نحتاج الى 10 مواضع قياس، ويتم تسجيل قيم القياس والمسافات كما يلي:

0 – 10 = 85 م فوق سطح البحر

10 – 20 =80 =5م

20 – 30 = 77 =3

30 – 40 = 73 =4

40 – 50 = 68 =5

50 – 60 = 63 =5

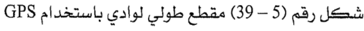
60 – 70 = 57 =6

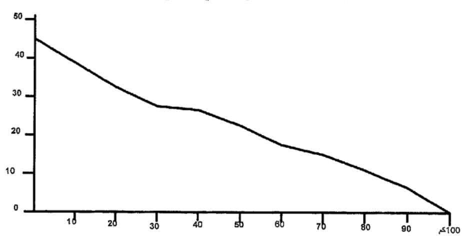
70 – 80 = 53 =4

80 – 90 = 46 =7

90 – 100 =40 =6

الخطوات كانت اعلى نقطة 85م فوق سطح البحر، واقل نقطة 40 م فوق سطح البحر وهذا يعني ان الفرق بين اعلى وادنى نقطه 45 م، وعليه يتم رسم خطان افقي وعمودي، الافقي للمسافة والعمودي للارتفاع، شكل رقم (5 – 39)


شكل رقم (5 – 39) مقطع طولي لوادي باستخدام GPS



مراجع الفصل الخامس

1) Scalex Map Weel, www. scalex. com

2) Digital Map Reader, www. justwrite. com

3) د. محمد صبري محسوب ود. احمد البدوي محمد؛ الخريطة الكنتورية قراءة وتحليل، مصدر سابق ص 259.

4) د. احمد احمد مصطفى؛ الخريطة الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها، دار المعرفة الجامعية الإسكندرية، سنة 2000 ص 260 – 262.

5) د. محمود محمد عاشور، طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي، كتاب اليكتروني.

6) المصدر السابق.

7) Morisawa. M. E. Measurement of Drainge Basin Outline Form, Jour, Geol, p160

8) Schumm. S. A, Lichty. R. W, Time, Spase and Causality in Geomorphology, Amer. Jour. of Science, 1965, p. 607

9) د. جودت حسنين جودت، د. محمود محمد عاشور، وسائل التحليل الجيومورفولوجي، ط1، 1991، ص 162..

10) Alan clowes and Peter comfort; Process and land form, opcit. P96

11) متولي عبدالصمد عبدالعزيز، وادي وتير شرق سيناء دراسة جيومورفولوجية، أطروحة دكتوراه مقدمة الى قسم الجغرافيا كلية الاداب، جامعة القاهرة

12) المصدر السابق، ص

13) خلف حسين علي الدليمي؛ وادي نهر الفرات بين هيت والرمادي دراسة جيومورفولوجية ، اطروحة دكتوراه مقدمة الى قسم الجغرافيا كلية الاداب جامعة بغداد 1996 ، ص

14) د. محمد سامي عسل؛ الجغرافيا الطبيعية مصدر سابق ص 399.

15) د. محمد يوسف واخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا ، مصدر سابق ص 224.

16) د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا ، دراسة الأشكال الأرضية ،

17) د. محمد صفي الدين؛ جيومورفولوجية قشرة الأرض، مصدر سابق ص 158.

18) المصدر السابق، ص 183.

19) خلف حسين علي الدليمي؛ وادي نهر الفرات بين هيت والرمادي دراسة جيومورفولوجية ، مصدر سابق، ص 114.

20) Alan clowes and Peter comfort; Process and land form, opcit .

21) Hitesell, Bruce. L ،and others; Changes in planform the Red river, Mc curtain country, Oklahoma 1938 – 1948 Oklahoma, Geological survey, VOL 48. N. 5, 1988, p 199 .

22) د. محمود سعيد السلاوي ؛ هيدرولوجية المياه السطحية، دار الجماهير للنشر والتوزيع بنغازي ليبيا ، 1998 ص 212 – 213.

23) Roy. K. Linsley, Jr. Max. A. Kohler, Joseph. L. H. Paulhus, James. S.Wallace; Hydrology for Engineers, Mc Graw – Hill Book company, london, 1988, p. 101 .

الفصل السادس

التضاريس الأرضية وتخطيط المشاريع الهندسية

الفصل السادس
التضاريس الأرضية وتخطيط المشاريع الهندسية

المبحث الأول – المعلومات الجيومورفولوجية المتعلقة بتخطيط المشاريع الهندسية:

أن تخطيط المشاريع الهندسية من الانشطة التي تتطلب خبرة علمية وعملية، وذلك لما يكتنفها من مشاكل وما يترتب عليها من مخاطر، حيث يعتمد نجاحها على كفاءة المسؤولين عن تخطيطها وتنفيذها، إذ يتطلب تخطيط المشروع تحديد موقعه ضمن الإقليم في أي جهة منه تتم أقامته، ومن ثم اختيار الموضع الملائم من حيث الخصائص الطبيعية كالتضاريس والتربة والمناخ والنظام الهيدرولوجي، فضلا عن تأثير النشاط البشري في تلك المنطقة، وهذا يعني وجود الكثير من المعايير التي تؤخذ بنظر الاعتبار، سواء كانت طبيعية اوبشرية اواقتصادية، يصعب على انسان القيام بها بمفرده، ولذلك تعاني الدول النامية من مشاكل متنوعة في كافة المجالات ناتجة عن أخطاء في تخطيط المشاريع، خاصة وان المكلفين في ذلك غالبا يكونوا من غير المختصين في مجال التخطيط، فكثيرا ما توكل المهمة الى المهندس باعتباره الشخص المؤهل لتصميم المشروع، فيتولى مهمة اخرى تخص التخطيط والتي تتطلب جمع المعلومات المختلفة، طبيعية وبشرية واقتصادية، والتي لاعلاقة لها باختصاصه، ويقوم بتحليلها حسب قدرته ومعرفته، إذ تحتاج تلك المهمة الى جهد كبير لجمع وتحليل البيانات، وهذا يعني اضافة عبيء اخر الى عمله الاصلي التصميم وهو التخطيط، فهو لايمكن ان يحل محل الجيولوجي والجيومورفولوجي

والهيدرولوجي والاقتصادي والمناخي والمختص في التربة، ولهذا تكتنف تخطيط المشاريع مشاكل كثيرة يصعب علاجها بعد التنفيذ.

أن ما يجب الانتباه أليه أن التخطيط غير التصميم، فالتخطيط يعني اختيار الموقع والموضع الملائم وفق اعتبارات طبيعية وبشرية واقتصادية وبيئية، اما التصميم فيعني أعداد مخططات وتصاميم تفصيلية للمشروع اعتمادا على المعطيات التي وفرها المخططون.

وفي هذا الصدد يدخل دور الجيومورفولوجي كأحد أعضاء فريق التخطيط الذي يتحمل عبئا كبيرا ومهما في توفير معلومات متنوعة تسهم بشكل فاعل في نجاح المشروع وتقلل من المشاكل والآثار السلبية التي ترافق تنفيذه، ومن تلك المعلومات ماياتي:

1) طوبوغرافية الارض، تعد التضاريس وطبيعة الانحدارات من حيث الدرجة ونوع المكونات من الجوانب المهمة في تحديد مواضع المشاريع.

2) العمليات الجيومورفولوجية السائدة في موقع المشروع او المتوقع حدوثها وما يترتب عليها من أثار مستقبلا، والتي قد تضر بالمشروع، لذا تتخذ التدابير اللازمة للحد من اثار تلك العمليات، ومن انواع تلك العمليات ما يأتي:

أ. عمليات التجوية بأنواعها الفيزيائية والكيميائية.

ب. عمليات التعرية والارساب الجارية والمتوقعة.

ج. الانزلاقات والتدفق الطيني والهبوط وغيرها من العمليات التي تتعرض لها السفوح.

د. الهبوط الموضعي الناتج عن الإذابة او تفريغ المياه الجوفية او أي سبب أخر.

ه. الرطوبة والجفاف وما يترتب عليهما من عمليات كتشقق بعض انواع الترب الطينية او تقلص وتمدد بعض المعادن.

3) طبيعة بنية وتركيب صخور المنطقة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية ودرجة ميل الطبقات وما تتضمنه من فواصل وشقوق وصدوع واتجاهاتها.

4) نوع التربة السائدة في موقع المشروع وطبيعة انتشارها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية.

5) الوضع الهدرولوجي في منطقة الدراسة سواء المياه السطحية او الجوفية، حيث يتم التعرف على النظام النهري ومناسيب المياه في الأيام الاعتيادية وأوقات الفيضان، وطبيعة الجريان والعمل النهري من تعرية وإرساب، وكذلك الحال بالنسبة للمياه الجوفية حيث يتم التعرف على مناسيبها ومدى قربها وبعدها عن سطح الارض، وكذلك البرك والمستنقعات والقنوات المائية الداخلية، حيث تؤثر جميعها على المشاريع التي تنفذ بالقرب منها.

6) معلومات حيوية عن النبات الطبيعي والحيوان والمحاصيل الزراعية التي تزرع في منطقة الدراسة ونظام الري المتبع في سقيها.

7) النشاط البشري في المنطقة كالعمران والمنشآت الصناعية ومشاريع الري والطرق والجسور وغيرها من الأنشطة، ونوع المشاكل الطبيعية التي تعاني منها لكي يتم تجاوزها في المشاريع اللاحقة.

8) الموارد الطبيعية المتاحة في موقع المشروع كالرمل والحصى والمعادن والصخور والطين، والتي يمكن الاستفادة منها عند تنفيذ أي مشروع.

9) الأشكال الأرضية الناتجة عن العمليات الجيود يناميكية والتي لا يستطيع الانسان التاثيرعليها او التحكم بها كالحركات التكتونية والزلازل والبراكين والانهيارات، والتي تسمى بالأخطار الجيولوجية.[1] ويمكن على ضوءها تحديد المواضع الآمنة والخطرة إذا ما توفرت دلائل كافية عما حدث في الماضي.

10) المناخ السائد في المنطقة وآثاره على مظاهر السطح من خلال العمليات المختلفة الناتجة عن اثر عناصر المناخ، لذا يجب التعرف على ماياتي:

أ. متوسطات درجات الحرارة الشهرية والسنوية واعلى درجة حرارة تشهدها المنطقة.

ب. عدد ساعات سطوع الشمس الشهرية والسنوية.

ج. معدلات سقوط الامطار الشهرية واشد الزخات المطرية.

د. عدد ايام حدوث الضباب ومدى الرؤيا.

ه. عدد ايام حدوث الصقيع.

و. عدد ايام تساقط الثلوج وسمك الكمية الساقطة.

ز. معدلات الرطوبة النسبية.

ح. اتجاه الرياح وقوتها.

ط. شدة الجفاف.[2]

المبحث الثاني – المشاكل التي تواجه تخطيط المشاريع الهندسية:

أولاً – مشاكل مظاهر السطح:

يعد شكل سطح الارض وما يتضمنه من تضاريس من العوامل الأساسية التي تحدد الاستعمال المناسب لكل منطقة ، وتعبر طبيعة التضاريس التي تتضمنها كل منطقة عن الصورة التي تتميز بها عن غيرها ، فالمناطق الجبلية تكون وعرة وشديدة التضرس في حين تكون الهضاب اقل وعورة وتضرسا بل البعض منها ذات سطح منبسط، اما السهول فتكون منبسطة يسهل استغلالها في أي نشاط، ولذلك تمثل مركزا للنشاط البشري بأنواعه المختلفة ، أي يمثل شكل السطح بعدا له دور فاعل في إبراز الخصائص الرئيسية لأي منطقة وعلى الانسان أن يتكيف مع الواقع الطوبوغرافي في ذلك المكان من حيث السكن والعيش. [(3)]

أن إقامة المشاريع في أي منطقة يواجه مشاكل حسب طبيعة التضاريس في تلك المنطقة ، وتكون واضحة في المناطق الجبلية لعدم استواء الارض، لذا تتركز الأنشطة على السفوح التي تتعرض الى عمليات الانزلاق والهبوط والزحف، والتي تسبب أضرارا مختلفة لمعظم تلك الانشطة ، في حين تقل تلك العمليات في الهضاب و السهول ، وسيتم تناول ذلك في الفقرات اللاحقة.

ثانياً – مشاكل التربة:

التربة من وجهة نظر بيئية نظاما مفتوحا تكونت بفعل عدة عوامل، وذات خصائص فيزيائية وكيميائية متنوعة ، والتي تنعكس أثارها على الانشطة التي تمارس في تلك التربة.

وفي مجال تخطيط المشاريع الهندسية يتم تقسيم التربة الى انواع بما ينسجم ومتطلبات تلك المشاريع وكما يأتي:

1 – تربة طينية شديدة التماسك او الصلابة:

وهي رواسب قديمة تعرضت الى ضغط الرواسب التي تجمعت فوقها بطبقات سميكة ثم تعرضت الى عمليات التعرية التي أدت الى إزالة الطبقات العليا الهشة وظهرت الطبقات الصلبة التي تليها ، ومن مشاكل هذا النوع من الترب احتواءها على شقوق كبيرة وصغيرة فيقلل ذلك من شدة صلابتها.

2 – تربة طينية غرينية ضعيفة التماسك:

وتتكون من تربة هشة حديثة التكوين وغير متماسكة وقدرة تحملها ضعيفة ، لذا يكون تنفيذ المشاريع فيها مكلفا ، وينتشر هذا النوع في الأودية النهرية والدلتوات.

3 – تربة حصوية ورملية ضعيفة التماسك:

وتعد ذات نفاذية عالية وقليلة التماسك ، لذا تسبب مشاكل عند تنفيذ المشاريع الهندسية المختلفة خلالها ، خاصة إذا كانت تحتوي مياه جوفية عالية المناسيب، والتي تسبب عمليات مختلفة من هبوط وانهيارات وغيرها ، وتزداد عند القيام بعمليات الحفر وتحرك المياه نحو المناطق المحفورة.

4 – التربة العضوية:

وهي من الترب الضعيفة التماسك والصلابة ، لذا يكون تنفيذ المشاريع خلالها مكلف جدا ، وقد تكون المعالجات غير مجدية فينتج عنها مخاطر كبيرة خاصة إذا كانت تحت الطبقات السطحية فتتعرض الى الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف ، فيؤدي ذلك الى تصدع وانهيار الأبنية والطرق.[4]

ان إقامة المشاريع العمرانية ومد الطرق في أي مكان يعتمد على قدرة تحمل التربة التي تتأثر بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ. الإجهاد الناتج عن ثقل المنشآت الكبيرة اوسيرالمركبات الثقيلة او هبوط واقلاع الطائرات الكبيرة فيؤدي ذلك الى تصلب التربة التي تقع تحتها ، اما في حالة إزالة التربة المجاورة لتلك المشاريع فقد ينتج عن ذلك انسياب التربة التي تحتها نحو المناطق المحفورة ، فيتسبب في هبوط المبنى او الطريق او ممر المطار فتتعرض الأبنية الى التشقق وتظهر المطبات في الطرق.

ب. احتواء التربة على المياه فتقلل من تماسكها وتضعف من صلابتها.

ج. تأثير عناصر المناخ على التربة كالتساقط بأنواعه والحرارة ارتفاعا وانخفاضا وحسب نوع المعادن التي تتضمنها التربة ومعامل تمددها الحراري وقدرتها على امتصاص المياه. [5]

أساليب تحسين خصائص التربة:

ان استغلال الترب يحتاج في كثير من الأحيان إلى تحسين خواصها بما يتلائم وطبيعة النشاط ، وعلى العموم من بين تلك الأساليب ما يأتي:

1) تخفيض مناسيب المياه الجوفية في المناطق التي ستنفذ فوقها منشآت وطرق ومطارات، ومن خلال استخدام التقنيات الحديثة في هذا المجال.

2) إضافة التربة الجيرية إلى الترب الطينية التي تحتوي على معادن لها القابلية على امتصاص كميات كبيرة من المياه مثل معدن المنتمورولنايت، والذي يؤدي تشبعه بالمياه إلى انتفاخه فيسبب مشاكل للمشاريع التي تقام فوق مثل تلك المناطق.

3) إضافة الجير المطفأ والرماد الخفيف الذي يحتوي على السليكات والتي تتحد مع المعادن الطينية مكونة سليكات الكالسيوم.

4) حقن الترب ذات المسامية العالية والصخور المتضمنة فواصل وشقوق بالمواد الأسمنتية.

5) استخدام القار في تحسين خصائص التربة. [6]

ثالثاً – مشاكل جيولوجية:

تعتمد صلابة الصخور على بنيتها وتركيبها المعدني والتي تتأثر بالظروف البيئية والعمليات الجيومورفولوجية المختلفة، وهذا ما تمت الإشارة أليه في الفصل الثاني، كما يتم تناوله في الفقرات اللاحقة في دراسة المشاريع العمرانية.

رابعاً – مشاكل المياه الجوفية:

يؤدي وجود المياه الجوفية في التربة والصخور القريبة من مستوى الأسس والطرق الى مشاكل لما تسببه من تغير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتلك التكوينات، والتي تنعكس أثارها على صلابتها، كما تعمل تلك المياه على تنشيط عمليات تأكل الأنابيب والقابلوات ومراسي السفن والأعمدة والاسيجة الحديدية المدفونة، وخاصة في المناطق التي تحتوي نسبة عالية من الملوحة.

خامساً – مشاكل فيضانات الانهار:

تتعرض معظم المناطق الواقعة على ضفاف الانهار الى مخاطر الفيضانات وخاصة السهول الفيضية التي تمثل مركزا للنشاط البشري بانواعه المختلفة، لذا تكون أثارها مدمرة في المناطق التي توجد فيها مراكز عمرانية كبيرة، وقد يكون التأثير مباشرا عندما تغمر مياه الفيضان تلك المناطق، وغير مباشر بسبب

ارتفاع مناسيب المياه الجوفية، والتي تؤثر على المنشآت والمشاريع الواقعة على جانبي المجرى، او قد تتعرض الى عمليات التعرية التي تحدث في الضفاف القريبة منها.

سادساً– مشاكل التعرية والارساب:

تتعرض مناطق واسعة الى عمليات التعرية بتأثير القوى المختلفة التي مر ذكرها في الفصل الرابع والتي تنعكس آثارها على المشاريع والأنشطة المختلفة، كما يكون للارساب الناتج عن عمليات التعرية الأثر الكبير على تلك المشاريع وخاصة الترب الرملية التي تنقلها الرياح من المناطق الصحراوية وتنقلها نحو مراكز النشاط البشري المختلفة.

المبحث الثالث – تخطيط العمران

أولاً – العناصر الجيومورفولوجية المؤثرة على تخطيط العمران:

ان تخطيط المناطق العمرانية يعتمد على تحديد معالم الموضع المختلفة والتي تؤثر على تخطيطها من خلال ما تتضمنه من تضاريس، وطبيعة مكوناتها السطحية وتحت السطحية، والعمليات الجيومورفولوجية وانحدار السطح والانشطة التي تمارس في تلك المواضع، حيث يتم وضع المخططات الاساسية لاستعمالات الارض اعتمادا على تلك المعطيات.

ولغرض التوضيح يجب ان نفرق بين مصطلحي الموضع(Site) والموقع (Location) حيث يعني الموضع المساحة التي يشغلها العمران او المشروع او المنشأة فعلا، والذي يحدد على أساس المعطيات التي مر ذكرها، اما الموقع فيعني موقع العمران او المشروع بالنسبة للمناطق المحيطة بالموضع، اوالواقعة خارج حدود المنطقة المستغلة، أي الموقع بالنسبة للظواهر الطبيعية والبشرية المحيطة بالعمران أو المشروع، وتخطيط المراكز العمرانية يتأثر بعدة عناصر هي:

1 – التضاريس

تعد الحقائق التضاريسية او الطوبوغرافية ذا أهمية كبيرة في إبراز التلائم والتناسق في شكل البناء وامكانية التوسع الأفقي بالاتجاهات الملائمة لانتشار العمران.

اما في حالة عدم توافق شكل المدينة ونموها وطبيعة استعمالاتها مع ما يمليه الواقع الطبيعي في المكان الذي تقام عليه تكون المدينة غريبة عليه، وسيترتب على ذلك الكثير من المشاكل.[7]

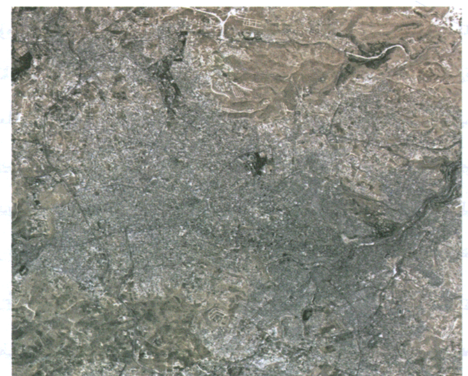
وقد تنوعت مواقع المدن بتنوع التضاريس لذا تتباين مشاكلها حسب نوع التضاريس التي ينتشر عليها العمران، ففي المناطق الجبلية يتركز العمران على السفوح المتباينة الانحدار، وتعد المنحدرات التي لا يتجاوز انحدارها 30 من افضل السفوح الملائمة لإقامة العمران، اما إقامة العمران فوق السفوح الشديدة الانحدار يحتاج الى معالجات تزيد من تكاليف البناء مهما كانت طبيعة المعالجة، ربما تقام الأبنية الا انه يصعب توفير الخدمات مثل الطرق وشبكات الماء والصرف الصحي والكهرباء، ومما يزيد في المشاكل ضعف تماسك مكونات السفوح او صلابتها، حيث تعد السفوح الضعيفة التماسك غير مستقرة وتتعرض الى عمليات مختلفة من تعرية وتجوية وما يترتب عليها من انزلاق وهبوط وغيرها، والتي تحتاج الى كلف كبيرة لتحسين خواصها وزيادة تماسكها ومن ثم قوة تحملها، اما إذا كانت شديدة الصلابة فأنها سوف تشكل عائقا أمام مد شبكات الخدمات المختلفة ويكون توفيرها مكلفا.

ومن مشاكل المناطق المتضرسة تشتت المراكز العمرانية ونموها في اتجاهات مختلفة ومتباعدة مما يفقد المدينة خصوصية تجانسها الحضري، حيث تقام المراكز العمرانية فوق المناطق الملائمة قافزة المناطق الوعرة غير الملائمة من وديان وجبال ومستنقعات، وتنعكس اثار ذلك على توفير خدمات النقل والصحة والتعليم والماء والكهرباء والهاتف والمجاري، حيث ترتفع تكاليف توفيرها وذلك لقلة السكان المستفيدين منها في بعض الأماكن لعدم توفر ارض ملائمة للتوسع في العمران فتضطر الدولة الى توفير الخدمات لجميع السكان مهما كان عددهم، وهذا مكلف في الدول ذات الدخل المحدود.

ومن المدن العربية التي تنمو بهذا الشكل مدينة عمان عاصمة الاردن التي اتخذت شكل يشبه أصابع اليد في نموها لوجود الأودية والمرتفعات الوعرة التي تجاوزتها نحو المناطق الصالحة للنمو فاتسعت رقعة المدينة، شكل رقم (6 – 1) يبين طبيعة نمو المدن على سفوح المرتفعات.[8]

وكذلك مدينة مكة المكرمة التي نشأت في وادي إبراهيم عليه السلام حيث تحيط بها المرتفعات من عدة جهات، وبعد نمو او امتداد العمران على جميع المناطق الممكن استغلالها حتى سفوح الجبال التي يصل انحدار بعضها 45 بدأ العمران ينتقل الى المناطق الواقعة وراء الجبال وعلى امتداد الطرق الرئيسة الخارجة من مركز المدينة الى المناطق المجاورة فاصبح شكل المدينة مشتتا، شكل رقم (6 – 2).[9]

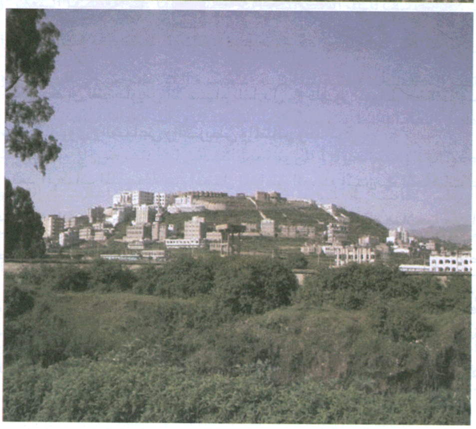
شكل رقم (6 – 1) صور توضح بعض مواقع المدن الجبلية



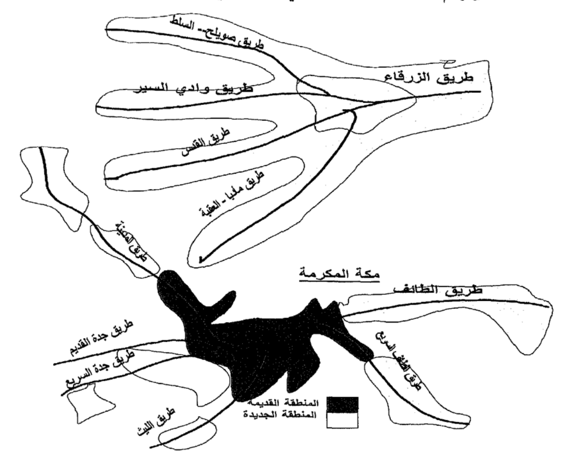


تابع شكل رقم (6 – 1) صور توضح بعض مواقع المدن الجبلية





شكل رقم (6 – 2) النمو العمراني في مدينتي عمان ومكة المكرمة



وقد كان للتضاريس ألا سهام الفاعل في ظهور أنماط مختلفة من النمو العمراني كالنووي والشعاعي والشريطي والمتناثر والدائري.

وتعد الهضاب المنبسطة من افضل المناطق لتوسع المدن في اتجاهات عدة دون معوقات كبيرة تحول دون ذلك، اما الهضاب المتموجة فهي اقل صلاحية من الهضاب المنبسطة وافضل من الجبال، وكذلك الحال بالنسبة للسهول فأنها من المناطق التي نشأت فوقها مدن كبيرة منذ القدم سواء كانت فيضية او ساحلية، رغم ان بعض تلك المدن تعاني من مشاكل كثيرة بسبب موقعها في بعض المناطق السهلية بسبب المياه الجوفية او ضعف تحمل تربتها او تهددها أخطار الفيضانات او الهبوط الارضي.

ومن المشاكل أيضا استواء الارض وقلة انحدارها، لذا تحتاج مشاريع الصرف الصحي والأمطار الى محطات ضخ لغرض نقلها من مكان لاخر لعدم توفر انحدار كافي يسهل عملية جريانها من المدينة الى مواقع تجميعها ومعالجتها.

2 – التكوينات السطحية وتحت السطحية (التربة والصخور)

تعد التكوينات السطحية وتحت السطحية ذات أهمية كبيرة في مجال العمران وخاصة في تحديد نوع الأسس وعدد الطوابق التي يمكن أقامتها في أي مكان، فالتكوينات السطحية قد تكون طبقات صخرية صماء تمتد الى أعماق تصل عدة أمتار، او طبقة قليلة السمك ترتكز فوق طبقة طينية ضعيفة، او قد تكون الطبقة السطحية عبارة عن ترسبات منقولة اومشتقة، أي عبارة عن طبقة من التربة ترتكز على طبقة صخرية، او تكون تربة عضوية ناتجة عن عمليات طمر النفايات، إذ تختلف تلك التكوينات في خصائصها عن بعضها البعض والتي تنعكس آثارها على تماسكها وقدرة تحملها، فالتربة المفككة كالرملية واللوس اضعف تلك التكوينات وكذلك التربة المتجمدة التي تتعرض الى الذوبان، واخيرا مناطق طمر النفايات التي تعد ضعيفة التماسك وذات مخاطر كبيرة لعدم ثباتها لتنوع مكوناتها وعدم تحولها الى وضعها النهائي لذا تتعرض الى الهبوط بشكل مستمر وبطيء خاصة في المناطق الرطبة، وقد تحدث تفاعلات في التكوينات المطمورة فينتج عنها غازات ربما بكميات تؤدي الى حدوث انفجار في تلك المواضع التي تجمعت فيها والتي تتضمن كسور أو شقوق تسمح بتسرب تلك الغازات الى الخارج فينتج عنها مشاكل كثيرة، على أية حال ان إقامة الأبنية الثقيلة فوق مثل تلك المناطق يؤدي الى هبوطها بسرعة، ومن ثم تعرض البناء الى التصدع والتشقق او الانهيار.

اما التكوينات تحت السطحية فلاتقل أهمية عن السطحية إذ هنالك تضامن بين الاثنين من حيث التأثير على العمران فكلما كانت صلبة ساعدت على إقامة أبنية متعددة الطوابق وثقيلة ، اما إذا كانت ضعيفة فلا تسمح بذلك ، وتعد الصخور النارية من افضل انواع الصخور من حيث الصلابة في حين تعد الصخور الرسوبية الطينية من الصخور الضعيفة ، كما تقل قوة الصخور مع زيادة ماتتضمنه من فواصل وكسور والتي تمثل مواضع الضعف فيها ، وفي حالة استغلالها يجب تحسين خواصها او اتخاذ إجراءات مناسبة لغرض تجنب المشاكل التي تعمل على زيادة الكلف.

وقد تتعرض بعض المناطق الى عمليات الهبوط والانخساف ولاسباب مختلفة ومنها ماياتي:

أ. المناطق السهلية المنبسطة التي تتضمن تكوينات تحت السطحية هشة ينتج عنها هبوط الى الاسفل دون حدوث زحزحة جانبية في المواد الهابطة.

ب. المناطق الجبلية التي ترتكز فيها رواسب الطفل الجليدي فوق طبقات الجليد فعند ذوبان الجليد تهبط الترسبات نحوالاسفل لتحل محل الجليد الذائب، كما تتعرض الى تلك الظاهرة التربة المتجمدة عند ذوبان الجليد الموجود في مساماتها فيقل تماسك حبيباتها لوجود فراغات بينها مما يؤدي الى تحرك تلك الحبيبات جانبا ونحو الاسفل لمل ء تلك الفراغات فتهبط نحو الاسفل.

ج. مواقع التنجيم الخاصة بالبحث عن المعادن والفحم والتي يترتب عليها إزالة التكوينات تحت السطحية فإذا كانت الطبقة السطحية قليلة السمك تتعرض الى الهبوط.

د. منـاطق الصخور الجيرية(الكارست) وخاصة في المنـاطق الرطبـة، إذ تـؤدي عمليات التجوية والإذابة الناتجة عن المياه الجوفية الى تكون حفر وكهوف في الطبقات تحت السطحية والتي تتوسع وتكبر بمرور الزمن لقابلية تلك الصخور على الذوبان بالماء حتى تصبح الطبقة السطحية رقيقة وضعيفة التماسك فتنخسف او تهبط الى الاسفل.

ه. تعرض المناطق الضعيفة التماسك والصلابة الى ضغط يفوق طاقة تحملها مثل مرور مركبات الحمل او إقامة أبنية ثقيلة.

و. المناطق التي يتم سحب السوائل من تحتها كالمياه والنفط فتترك فراغات كبيرة تحت الطبقة السطحية والتي قد تصل الى نطاق يؤدي الى هبوط الطبقة السطحية.[10]

ز. مناطق الطمر الصحي التي تتكون من طبقات سميكة تتعرض الى التحلل والاذابة فتهبط الارض خاصة اذا اقيمت فوقها ابنية ثقيلة.

ثانياً – اختيار المواضع الملائمة لاقامة العمران:

ان اختيار المواضع الملائمة لاقامة العمران يحتاج الى معلومات دقيقة عن عناصر الموضع والمتمثلة بما يأتي:

1) **قدرة تحمل التربة والصخور**

والتي على ضوئها يتحدد نوع الأسس الملائمة، إذ تكون المناطق الصخرية الصلبة عالية القدرة على التحمل ويمكن إقامة الأبنية فوقها مباشرة.

في حين تكون التربة اقل قدرة وتتعرض الى الانضغاط لذا لايمكن البناء فوقها مباشرة ألا بعد أجراء تحسينات على خواصها او أزالتها واستبدالها بنوعية

افضل مثل الصخور او الكتل كونكريتية، وبصورة عامة تتباين التكوينات السطحية في قدرة تحملها وكما في الجدول رقم (6 – 1)

جدول رقم(6 – 1) قدرة تحمل التكوينات السطحية

نوع التكوينات	التحمل/ كغم/ سم^3
1 – طبقات صخرية صلبة	40 – 30
2 – طبقات صخرية متوسطة الصلابة	12 – 10
3 – طبقات صخرية ضعيفة الصلابة	10 – 8
4 – تربة حصوية او حصوية رملية	8 – 6
5 – تربة رملية خشنة متماسكة	4 – 2.5
6 – تربة طينية جافة وصلبة	3 – 2
7 – تربة طينية رملية	2 – 1.5
8 – تربة رملية ناعمة	2 – 1
9 – تربة طينية هشة	0.75 – 0.5
10 – تربة طمر او دفن نفايات	0.5 – 0.25

وقد لا يتوقف تأثير التربة على الأسس التي تقع فوقها بل يشمل جوانبها التي تدفن بالترب الضعيفة التماسك، وخاصة الاسس التي ترتفع كثيرا عن مستوى سطح الارض، مثل التربة العضوية او المالحة، اوأنقاض الأبنية التي كانت مستخدمة، والتي تعد ذات خصائص رديئة تنعكس آثارها على الأسس، ويفضل عند حفر التربة لغرض الدفن إزالة الطبقة السطحية واستخدام التي تحتها.[11]

2) **التركيب الكيميائي للتربة والصخور:**

تحتوي التكوينات السطحية من الترب والصخور على معادن مختلفة ذات خصائص متباينة ، بعضها لها القابلية على التشبع بالماء والانتفاخ والانكماش او الإذابة والتي تنعكس أثارها على الأبنية المقامة فوقها حيث تتعرض الجدران الى التصدع والبعض الى الهبوط فيختل توازن الأبواب والشبابيك وقد تتوقف حركتها عند الفتح او الغلق.

كما تضم الصخور معادن ذات معامل تمدد حراري كبير، فينتج عنها تفكك الكتل التي تحتويها وخاصة في المناطق التي يكون المدى الحراري فيها كبيرا ، ويظهر ذلك واضحا في الكتل الكونكريتية التي تستخدم في البناء[البلوك] والذي يتعرض الى التصدع نتيجة لتمدد وتقلص تلك المعادن، وتتضمن بعض التكوينات معادن لها القابلية على التفاعل مع معادن أخرى مثل اكاسيد الحديد مع أملاح الصوديوم والكالسيوم فينتج عنها تأكل أنابيب شبكات المياه المدفونة في الارض، فينتج عنها تسرب كميات كبيرة من المياه والتي تصل آثارها الى الأسس وارضيات الأبنية القريبة منها فتعمل على إذابة بعض التكوينات الواقعة تحت الأسس فتقلل من صلابتها وقوة تحملها فتتعرض تلك المواضع الى الهبوط فتتشقق جدران الأبنية ، وعليه يفضل عدم دفن الأنابيب في مثل تلك التكوينات، او تغليفها بمادة عازلة تمنع تأثير الأملاح إذا كانت مدفونة ، وتأثير المناخ إذا كانت مكشوفة.

3) **نفاذية التكوينات السطحية:**

تتباين نفاذية التكوينات السطحية من مكان لاخر، فبعضها كتيمة أي قليلة النفاذية ولاتسمح بتسرب المياه المتجمعة فوقها الى الطبقات التي تحتها مثل

الترب الطينية الثقيلة، والتي تنعكس آثارها على الأبنية المقامة فوقها او بالقرب منها خاصة في المناطق التي لا تتوفر فيها مجاري لتصريف مياه الامطار، حيث تتسرب تلك المياه نحو الأسس والجدران فتترك اثارا سلبية فيها، ويزداد التأثير مع زيادة الفراغات التي تتضمنها الأسس والجدران فتسمح بتسرب اكبر كمية من المياه نحوها، وقد تعمل على تشويه أرضيات الأبنية ومماشيها، فضلا عن احتواء تلك المياه على أملاح، والتي تزيد من شدة تأثيرها نتيجة لتفاعلها مع بعض معادن مواد البناء فتعمل على أضعاف تماسكها ومن ثم صلابتها.

ومن الجدير بالذكر ان نوعية الأسس يعتمد على طبيعة التكوينات السطحية وتحت السطحية وتكون على نوعين هما:

أ – أسس سطحية:

يستخدم هذا النوع في المناطق الصلبة غير القابلة للانضغاط، وقد تكون الأسس عريضة لزيادة قدرتها على تحمل الأعمدة والجدران، اما إذا كانت الأبنية كبيرة وثقيلة ولغرض زيادة قدرة التحمل تستخدم أسس حصيرية تغطي جميع المساحة المخصصة للبناء، حيث تكون تلك الأسس عبارة عن كتلة كونكريتية صلبة غير قابلة للهبوط.

ب – أسس عميقة:

يستخدم هذا النوع عند بناء المنشآت الضخمة التي تقام فوق صخور ضعيفة او ترية هشة، اذ يتم استخدام أسلوب الركائز الكونكريتية التي ترتكز على الطبقات الصخرية الصلبة التي تقع تحت الطبقات السطحية، اذ يتم حفر الطبقة الهشة والتي قد يصل سمكها عدة أمتار.

وعند اختيار مواضع الأسس يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار التأثيرات المستقبلية سواء تأثير البيئة التي تقام فيها او مدى استقرارها العمودي بعد إقامة البناء عليها.[12]

4) **المياه الجوفية والرطوبة:**

ان وجود المياه الجوفية في الترب والصخور وعلى مناسيب قريبة من الأسس له اثار سيئة على المنشآت المقامة في تلك الأماكن، إذ تعمل تلك المياه على تغيير خصائص التربة وتقلل من قدرتها على التحمل، كما تؤثر على الأبنية من ناحية جمالية وصحية وإنشائية من خلال حدوث ظاهرة التزهر وتنشيط تفاعل الأملاح، وخاصة الكبريتية منها مع مركبات الأسمنت فتؤدي الى أضعاف الخرسانة، ومن الجوانب الأخرى التي تؤثر فيها المياه هو انجما دها داخل الكتل الكونكريتية فيعمل على تفككها، فضلا عن صدأ وتأكل بعض المعادن فيتشوه مظهر الجدران وتقل صلابة مكوناتها، وتزداد فيها عمليات التعرية والتجوية.

وتنتقل المياه والرطوبة الى الأبنية بعدة طرق منها ما يأتي:

أ. انتقال الرطوبة بواسطة الخاصية الشعرية من التربة الى الأسس والجدران والأرضيات والمماشي، حيث تزداد نسبة المياه المنتقلة كلما كانت مناسيبها مرتفعة وقريبة من المباني، وتقل نسبتها بانخفاض مناسيبها وابتعادها عن المبنى.

ب. وجود خلل اوعيوب في الجدران والسقوف تسمح بتسرب المياه الى الجدران، ويكون تأثيرها من الأعلى.

ج. وجود كسور او ثقوب في الأنابيب المارة عبر الجدران او بالقرب منها، والتي تسمح بتسرب المياه نحو الأسس والجدران.

د. وجود تشققات وكسور وحفر وثقوب في الجدران والأسس القريبة من سطح الارض، والتي تسمح بتسرب المياه المتجمعة فوق المناطق المجاورة نحوالابنية.

ه. احتواء بعض مواد البناء على الرطوبة عند استخدامها فتعمل على ترطيب بقية المواد التي تلامسها.

و. تعرض الأجزاء الخارجية من المباني الى الرطوبة الناتجة عن الامطار وبخار الماء في الهواء وخاصة المناطق الواقعة قرب شواطيء البحار.[13]

ز. ارتفاع مناسيب مياه الانهار في مواسم الفيضان فينتج عنها ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وخاصة في المناطق التي تقع على مستوى اقل من مناسيب المياه عند ارتفاعها.

5) **نوع مواد البناء:**

يستخدم في البناء مواد متنوعة ذات خصائص مختلفة، وهذا ينعكس على طبيعة سلوكها عند استخدامها في البناء وانتقالها الى بيئة جديدة ذات ظروف مختلفة عن الوضع الذي كانت عليه، وقد تنعكس اثار ذلك على طبيعة البناء، ومن تلك المواد ما يأتي:

أ – الصخور:

تستخدم الصخور على نطاق واسع في البناء حسب النوع المتوفر في كل مكان، وعلى العموم من الأنواع الشائعة الاستعمال هي:

1) الحجر الطيني Claystone، وهو على نوعين ضعيف التماسك وصلب، والأخير هو الذي يستخدم في البناء رغم ان هذا النوع من الحجر ذات خصائص غير جيدة لانه سريع الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية لذا يستخدم عند الضرورة.

2) الصخور الكلسية Lime stone، ومن خصائص تلك الصخور قابليتها على الذوبان بالماء في المناطق الرطبة وحسب طبيعة تركيبها الكيميائي، حيث يتباين التأثير من نوع لاخر، لذا تفضل الانواع الأكثر صلابة ومقاومة، ومن انواع تلك الصخور:

أ. الصخور الجيرية الحبيبية، وهي صخور متجانسة التركيب والتكوين ومعتدلة الصلابة.

ب. صخور الدولومايت، وتعد اكثر صلابة من النوع السابق.

ج. الصخور الجيرية المتبلورة، وهي صخور اكثر صلابة من النوعين السابقين واكثر استخداما، وهي ذات ألوان متنوعة لاحتوائها على اكاسيد مختلفة، والتي تمثل عناصر ضعف في تلك الصخور.

د. الحجر الرملي Sand stone، ويتواجد بأنواع مختلفة حسب المادة اللاصقة أو اللاحمة والتي تتكون من اكاسيد الحديد والمواد السليكية والكلسية وعلى العموم تعد اقل استخداما من الأنواع الأخرى.

ه. صخور السربنتين النارية Serpentine Rock، وتكون ذات ألوان مختلفة لاحتوائها على اكاسيد تقلل من صلابتها.

و. صخور الجرانيت GraniteRocks، وتعد من اكثر الصخور صلابة وتستخدم على نطاق واسع في المناطق التي تتوفر فيها.[14]

ب – الطابوق:

يستخدم في المناطق التي تتوفر فيها ترب طينية ولا تتوفر فيها صخور، إذ يتم تحويل التربة الى طين متوسط الصلابة ومن ثم تحول الى كتل مستطيلة بواسطة

قوالب خاصة، ووفق قياسات معينة طولها يتراوح بين 25 و 30 سم وبعرض ما بين 12 و 15 سم وبارتفاع مابين 15 و 20 سم، وبعد ان تجف تحت تأثير الشمس والهواء توضع في أفران خاصة فتتحول الى كتل صلبة ذات خصائص

جيدة، لذا تفضل على الصخور في المناطق التي تتوفر فيها رغم أنها اقل متانة منها، وينتشر استخدامه في العديد من المناطق ومنها وسط وجنوب العراق.

ج- الكتل الكونكريتية:

يعد استخدام الكتل الكونكريتية (البلوك) من اكثر مواد البناء استعمالا في الوطن العربي، والتي تصنع بأحجام مختلفة من الأسمنت والحصى والرمل، بعضها يكون على شكل كتلة متراصة والبعض الآخر مجوف من الداخل لتقليل وزنها والمواد المستخدمة فيها، ومن مساوئ تلك الكتل التأثر بالحرارة ارتفاعا وانخفاضا فتتعرض الى التصدع والتشقق ومن ثم نقل تلك التغيرات الى داخل الأبنية لأنها جيدة التوصيل للحرارة، لذا تكون حارة في الصيف وباردة في الشتاء، وهذه الخاصية تظهر بشكل واضح في المناطق التي ترتفع حرارتها في الصيف وتنخفض في الشتاء، ويكون المدى الحراري كبير، في حين لاتحدث تلك الحالة في المناطق المعتلة الحرارة، ومع ذلك تعد البديل للصخور والطابوق في المناطق التي لا تتوفر فيها تلك المواد، وحتى ان توفرت الصخور في بعض المناطق تفضل الكتل عليها لأنها سهلة الاستعمال.

د- الأسمنت:

يوجد على نوعين مقاوم للرطوبة ويستخدم في بناء الأسس والسقوف، ونوع عادي ويستعمل في بناء الجدران فوق الأسس، وهذا النوع يتأثر بالرطوبة ويتحول الى مادة هشة كالتراب، لذا لايستخدم في المناطق التي يكون الجو فيها عالي الرطوبة لفترة طويلة.

هـ- الجص:

يستخدم في البناء فوق الأسس وباطن الجدران، لانه شديد التأثر بالرطوبة ويتحول الى مادة هشة جدا إذا ما تعرض لها بما فيها رطوبة الهواء العادية، ويصنع الجص من الصخور الطباشيرية والجبسم.

و- الحصى والرمل:

تعد مادتي الحصى والرمل من المواد المكملة لاستخدام الأسمنت، حيث لايمكن استخدامه في البناء الأبعد خلطه بالرمل لزيادة متانته، وفي حالة استخدامه في السقوف والأرضيات فيخلط مع الرمل والحصى ليكون كتلة شديدة التماسك والصلابة، ومن الشروط التي يجب توفرها في مادتي الحصى والرمل ان تكون خالية من الأملاح وبعض المعادن الطينية التي يسبب وجودها أضعاف تماسك الكتلة وتقليل متانتها.

ومن الجدير بالذكر كان يستعمل في الماضي مادة النورة في البناء قبل معرفة الأسمنت وهي مادة تشبه الجص ألا أنها اكثر صلابة من الأسمنت المقاوم، وتصنع من الصخور الجيرية، وقد استعملها العراقيون في عمل مصاطب النواعير وأبراج الطواحين على نهر الفرات في غرب العراق قبل اكثر من مائتي سنة، كما تم تغليف بعض جهات الجزر بالصخور والنورة للحد من اثر قوة التيار في تلك المواضع، ولاتزال مصاطب النواعير وأبراج الطواحين قائمة في الوقت الحاضر، وبعض النواعير مازالت تعمل، كما ان الضفاف المغلفة لاتزال موجودة دون ان تتعرض الى التآكل خلال هذه الفترة الزمنية الطويلة، وهذا يعني أنها اكثر ملائمة للبيئة وجودة من الأسمنت والجص، كما أنها اقل كلفة خاصة وان الصخور التي تصنع منها منتشرة في كل أنحاء الوطن العربي، لذا من الأجدر بنا ان نعود الى ما هو افضل.

6) **مجاري الانهار:**

اتخذت العديد من المدن مواقعها عند ضفاف الانهار او بالقرب منها لكونها مصدرا دائما للمياه، فضلا عن جمال الطبيعة في مثل تلك المواقع، لذا اتخذها الانسان موطنا له منذ القدم رغم المخاطر التي تتعرض لها المواقع المنخفضة بسبب الفيضانات المتكررة والتي لم تمنعها التدابير والإجراءات المتنوعة في سبيل السيطرة عليها، والتي لم تجدي نفعا الأعلى نطاق محدود جدا، ولاتزال العديد من المدن تتعرض الى الفيضانات المدمرة في دول العالم النامية والمتقدمة، فالذي يتحكم بها الله سبحانه وتعالى القوي العزيز المقتدر، والإنسان عاجز أمام القوى الطبيعية ولا يستطيع التحكم بها مهما بلغ من علم ومعرفة.

وقد لا يقتصر تأثير الانهار على الفيضانات بل ما يترتب عليها من عمليات تعرية وار ساب وما ينتج عنها من مظاهر او تغير في المجرى، والتي تنعكس آثارها على النشاط البشري في المناطق الواقعة على جانبي النهر بما فيها المراكز العمرانية، فقد كان للمنعطفات والبحيرات الهلالية والجزر الأثر الكبير على طبيعة العمران وانتشاره بشكل يتلائم مع نوع مظاهر السطح في كل منطقة.

ولغرض الحد من اثار الفيضانات على المراكز العمرانية والمنشآت المختلفة فقد اتخذت الدول بعض التدابير المختلفة منها ما يأتي:

1) إنشاء سداد ترابية على جانبي قناة النهر وعلى مسافة لاتقل عن 50م عن ضفة النهر وبارتفاع مناسب لاستيعاب اكبر كمية من المياه خلال فترة الفيضان.

2) تعديل بعض المنعطفات التي يتضمنها المجرى وخاصة المنعطفات ذات الانعطاف الكبير والمسافة بين طرفيها صغيرة، بحيث يؤدي قطع عنقها الى اختصار

المسافة التي ستقطعها موجة الفيضان فضلا عن سرعة انتقالها الذي يكون بطيئا عند مرورها عبر المنعطفات فيترتب على ذلك اثار سيئة.

3) عدم السماح للجزر بالثبات في وسط المجرى لأنها ستؤدي الى تقليل الطاقة الاستيعابية للقناة وعرقلة الجريان وزيادة الترسيب، والعمل على تركيز قوة الجريان في إحدى الجهات فيعمل على تآكل الضفة التي يمر من عندها، كما تعمل على رفع مستوى قاع القناة والتي تؤدي بدورها الى رفع مناسيب المياه الى مستوى أعلى من الأراضي المجاورة لها، فتتعرض تلك الأراضي الى ظاهرة النزيز او تسرب المياه الجوفية نحوها فتدمر ما يشغلها من نشاط.

4) عمل مجاري احتياطية للأنهار التي تمر في المراكز الحضرية الكبيرة لنقل المياه أوقات الفيضان خارج المنطقة الحضرية، بحيث تأخذ المياه قبل وصولها الى المدينة، وتمر من خارج المدينة لتعود الى النهر مرة أخرى بعد المدينة، شكل رقم (6 – 3).

شكل رقم (6 – 3) قناة تحويل المياه خارج المدن

5) عمل خزانات جانبية على جانبي النهر وعلى امتداده قبل المناطق الحضرية لخزن اكبر كمية من مياه الفيضانات والتي يمكن أعادتها الى النهر في أوقات انخفاض المناسيب او ما تسمى أوقات الصيهود.

6) الحد من كميات التصريف في المجاري الرئيسية للأنهار، ومن خلال الإجراءات الآتية:

أ. إنشاء سدود وخزانات على الروافد الكبيرة التي تزود النهر بالمياه، فتعمل على تنظيم المياه المتدفقة منها الى المجرى الرئيسي، والتي يستفاد منها أوقات الشحة، فيؤمن سد حاجة جميع الانشطة.

ب. عمل سدود احتجازية ثابتة تعمل على رفع مناسيب المياه في المجرى الرئيسي، وتكون بشكل متدرج باتجاه انحدار المجرى، وهذا بدوره يؤدي الى الحفاظ على مستوى للمياه بما يسد حاجة الانشطة المعتمدة عليها في تلك الأماكن، وقد يستفاد منها لأغراض الري ورفع مناسيب المياه الجوفية في المناطق المجاورة، والتي يمكن استغلالها لأغراض الري والاستعمالات البشرية.

7) حفر قنوات بزل مابين مجاري الانهار والمناطق العمرانية التي تتعرض الى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية لنقل تلك المياه بعيدا عنها ويمكن إعادة ضخها الى النهر اذا لم تكن ملوثة، اوتوجيهها نحو مكان أخر بعيدا عن المدينة.

8) ترشيح بعض المناطق الواقعة على ضفتي القناة لغمرها بالمياه عند التعرض الى موجة فيضان عالية لايمكن السيطرة عليها بالوسائل المتاحة، ويفضل ان تكون تلك المناطق لا تتضمن مشاريع ومنشآت كبيرة ذات تكاليف باهضة ويترتب عليها خسائر مادية كبيرة.

يتضح مما تقدم ان تخطيط المناطق العمرانية يعتمد على معلومات جيوهيدرولوجية مترجمة الى خرائط والتي من خلالها يمكن تحديد المواضع الملائمة

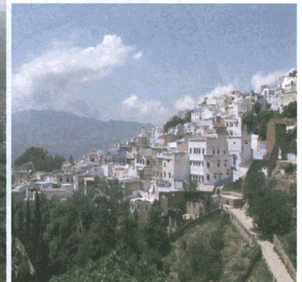
لنمو المدن، فمن خلال تلك الخرائط يتم التعرف على الوضع الطوبوغرافي للمنطقة ونوع مكوناتها السطحية وطبيعة انتشارها والنظام الهيدرولوجي من حيث الجريان السطحي ومستوى المياه الجوفية، وتسمى تلك الخرائط بالخرائط الاساسية، شكل رقم (6 – 4) خريطة مسح جيوهيدرولوجي لموقع المدينة.

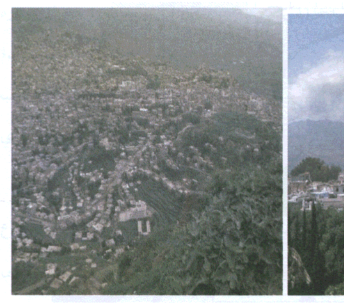
شكل رقم(6 – 4أ) خريطة مسح موضع المدينة

المبحث الرابع – اثر التضاريس على تخطيط خدمات البنى التحتية

ان تخطيط البنى التحتية المتمثلة بالماء والكهرباء والهاتف والصرف الصحي تواجه مشاكل كبيرة عند مدها ، لانها تمد عبر مسافات طويلة حتى يتم توفيرها للانسان، ويعد الوضع الطوبوغرافي من اهم المشاكل التي تواجه توفيرها ، شكل رقم (6 – 4 ب) مدن جبلية ، وفيما يلي استعراض لكل نوع منها :

شكل رقم (6 – 4 ب) مدن جبلية





أولاً – شبكات توزيع المياه:

ان توزيع المياه يتم عن طريق شبكة انابيب باقطار واطوال مختلفة ، ويتم دفنها في الارض، ففي المناطق المتضرسة تعترض عملية ايصال المياه الى المناطق المرتفعة او المنخفضة مشاكل فاذا تم مد الشبكة الى مناطق منخفضة قبل المرتفعة ستعاني الاخيرة من شحة ماء، واذا حدث العكس ستعاني الاولى من شحة الماء، لذا تتطلب العملية مد شبكات مستقلة ، كما تحتاج عملية ايصال المياه الى المناطق المرتفعة عمليات ضخ، وهذا يعني كلفة زائده، فضلا عن كلف الصيانة المستمرة.

ومن المشاكل الاخرى عملية حفر موضع الشبكة فاذا كانت الارض صخرية سوف تكون عملية الحفر صعبة ويكتنفها كثير من المشاكل، فضلا عن ارتفاع التكاليف.

كما تتعرض الانابيب التي تمد عبر السفوح غير المستقرة الى الكسر، حيث تزحف مكونات السفوح فتدفع بتلك الانابيب الى الاسفل فتتعرض الى الكسر.

ومن المشاكل الاخرى هو ارتفاع مناسيب المياه الجوفية في بعض الاماكن التي تمر عبرها الانابيب مما يؤدي الى تأكلها بمرور الزمن فتتسرب منها المياه، مما يضطر الجهات المسؤولة الى استبدال الشبكة بين فترة واخرى قد لاتتجاوز بضع سنوات.

ثانياً – تخطيط شبكة توزيع الكهرباء:

ان توزيع الطاقة يحتاج اما الى اعمدة اوعبر كابلات في الارض، وفي كلا الحالتين هنالك صعوبات تواجه عمليات مد الكابلات او الاعمدة وخاصة في المناطق المتضرسة التي تضم مرتفعات واودية، اذ تحتاج عملية التوزيع المتكامل الى شبكة عالية الانتظام والدقة، فعملية مدها على المنحدرات قد يواجه مشاكل كبيرة اذا كانت مكوناتها غير مستقرة، اذ تتعرض الى الزحق فتحرك الاعمدة معها، كما تؤدي الانزلاقات والانهيارات الصخرية الى تدمير منشأت الطاقة، وهذا يعني ان توفير الطاقة في المدن ذات الموضع المتضرس تحتاج الى تكاليف اكثر مما في المدن التي تقع في مواضع منبسطة او قليلة التضرس.

ثالثاً – تخطيط شبكات الصرف الصحي:

تعد عملية مد شبكة الصرف الصحي اكثر صعوبة من النوعين السابقين، حيث تحتاج عمليات نقل مياه الاستخدام البشري المتنوعة الى مجاري تنقلها الى

اماكن محددة، فعندما تكون الارض وعرة فهذا يعني الحاجة الى احواض تجميع ومحطات ضخ كثيرة حتى يتم ايصال المياه الثقيلة الى محطات المعالجة، مما يزيد من كلف توفير تلك الخدمة، كما تواجه مشاكل عند سقوط الامطار بكميات غزيرة قد تعمل على توقف عمل تلك الشبكات، وخاصة الواقعة في المناطق المنخفضة، يؤدي الى تجمع كميات كبيرة من مياه الامطار والصرف الصحي على شكل بحيرات تغمر بعض الشوارع والاراضي المتروكة.

رابعا – مد شبكة الهاتف:

تحتاج عملية توفير خدمات الهاتف الى مد كابلات وانشاء كابينات ومحطات توزيع، ان عملية مد الكابلات عبر الاراضي المتضرسة سيواجه مشاكل خاصة على السفوح، وكذلك الحال انشاء الكابينات والتقاسيم واعمدة التوزيع، مما يؤدي الى زيادة كلفة ايصال تلك الخدمة.

المبحث الخامس – تخطيط الطرق عبر مظاهر السطح:

أولاً – تخطيط طرق السيارت عبر المظاهر والتكوينات الارضية:

يختلف تخطيط الطرق عن غيرها من المشاريع لأنها لا تحتل موضعا معينا على مساحة محددة بل تمتد لمسافة طويلة وضمن مناطق ذات أشكال وتكوينات متنوعة، بعضها ملائم لانشاء الطرق والبعض الأخر غير ملائم، وتحتاج الى معالجات معينة، وقد يؤدي إهمال بعض المشاكل الى تدمير الطريق وعرقلة المرور فوقه، وربما تكون تكاليف معالجتها باهضة مقارنة بتكاليف المعالجة منذ البداية، ولغرض تغطية الموضوع بشكل افضل سيتم تناول مد الطرق عبر مظاهر السطح كل على حده لمعرفة المشاكل التي تعترضها في كل نوع من تلك المظاهر وكما يأتي:

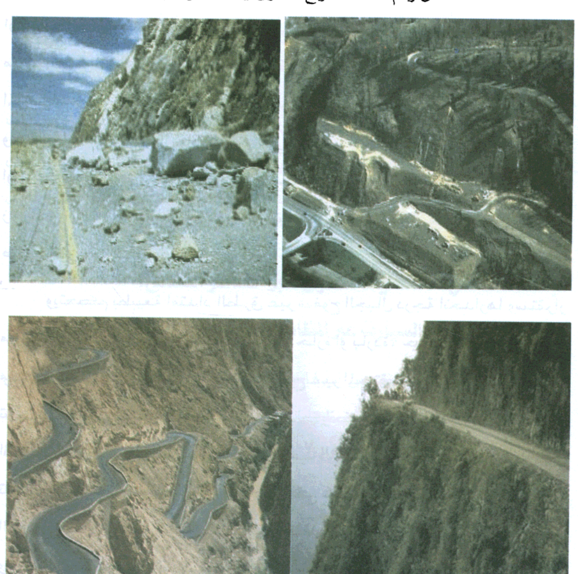
1 – المناطق الجبلية:

تعد الجبال من اكثر المناطق تعقيدا في مد الطرق خلالها، وذلك لشدة تضرس المنطقة لما تتضمنه من مرتفعات واودية عميقة، حيث تتميز معظم السفوح بشدة انحدارها وعدم استقرارها، لذا يجب التعامل مع تلك المتغيرات وتخطيط الطرق بما ينسجم وطبيعة تلك المنطقة، ففي بعض المناطق تقطع سفوح بعض الجبال او تحفر أنفاق وخاصة عندما تكون الجبال تعترض مد الطريق بين منطقتين منبسطتين او اقل ارتفاعا منها، اما إذا كانت الطرق لغرض الوصول الى قمم تلك المرتفعات او الى سفوحها فيتم مدها فوق السفوح المستقرة من تلك المرتفعات، وحسب طبيعة تلك الجبال وارتفاعها، ففي الجبال ذات القمم المنفردة تكون حلزونية او دائرية، وفي الجبال التي تكون على شكل سلسلة متصلة تخطط الطرق بشكل زجزاجي او متدرج عبر امتداد سفوحها متبعة المواضع المستقرة، شكل رقم (6 – 5) صور لبعض الطرق الجبلية.

ويتحكم بطبيعة امتداد الطرق عبر سفوح الجبال درجة انحدارها وستقرار مكوناتها والبيئة السائدة رطبة او جافة، حارة او باردة، حيث تتطلب كل حالة معالجة تختلف عن الأخرى، ففي السفوح غير المستقرة ذات التكوينات الهشة تستبدل بأخرى صلبة، او انشاء مساند كونكريتية تحول دون تحرك تلك التكوينات وتعمل على استقرارها، كما يجب الانتباه الى طبيعة تصريف المياه فوق تلك السفوح ومنع جريانها عبر الطرق او التجمع فوقها أو تحتها، وقد تتضمن بعض السفوح مجاري مائية تتجمع فيها المياه فتنقلها من اعلى المرتفعات الى اسفلها، وتكون بعضها عميقة وواسعة والبعض الآخر صغيرة ومتشعبة الى عدة مجاري، فعندما تعترض مد الطرق فيجب اتخاذ التدابير اللازمة وعمل قنوات تمر من تحت الطريق لتأمين نقل تلك المياه الى الجهة الأخرى.

ولزيادة الأمان وتجنب حدوث المشاكل في السفوح التي تعلو الطريق والتي تنعكس أثارها عليه تعالج مشكلة تجمع المياه فوقها ان وجدت، والتي تعد المصدر الرئيسي لتلك المشاكل وما ينتج عنها من عمليات جيومورفولوجية كالتدفق الطيني والهبوط والانزلاق وغيرها، والتي تلحق الضرر بالطريق.

شكل رقم(6 – 5) انواع الطرق في المناطق الجبلية



ولغرض تحديد مسار الطريق لابد من الاستعانة بخريطة كنتورية للمنطقة فيتم تحديد المواضع التي سيمر عبرها الطريق متبعا السفوح المستقرة والمعتدلة الانحدار، وتعيين المواضع التي تحتاج الى معالجة، ويجب ان يتوفر في تلك المسارات الآمان وسهولة المرور، وبشكل يتناسب مع قدرة محرك المركبات التي ستسير عليه، وهذا يحتاج مراعاة درجة انحدار الطريق الذي يكون بشكل يتناسب مع نوع المركبات وبقياسات محسوبة بحيث تكون لكل مسافة مستوى معين، فعلى سبيل المثال في الشكل رقم (6 – 6) خريطة كنتورية مرسوم عليها طريق ضمن منطقة جبلية ذات قمة منفردة مقياس رسمها 1\ 100000 وعلى افتراض ان السفوح مستقرة فيجب مراعاة الانحدار بحيث يكون على سبيل المثال معدل الانحدار= $\frac{10}{200}$ أي تنحدر السفوح 10م كل 200م او 100م كل 2000م، وبما ان الفاصل الرأسي بين خط واخر 100م لذا تكون المسافة الأفقية للطريق بين خط واخر 2000م، وبما ان مقياس الرسم كل 1سم = 1000م لذا تكون المسافة على الخريطة 2سم، وبذلك يكون مسار الطريق كما موضح في الشكل المذكور، شكل رقم(6 – 6)تخطيط الطرق في المناطق الجبلية.[15]

شكل رقم (6 – 6) تخطيط الطرق في المناطق الجبلية

ومن والجوانب المهمة الأخرى التي يجب مراعاتها هي مدى استجابة مكونات السفوح الترابية والصخرية لعمليات التعرية والتجوية والسقوط والانزلاق والهبوط، وخاصة في المناطق التي تتعرض الى سقوط الامطار والثلوج في المواسم الباردة، وتذوب في المواسم الدافئة، فينتج عن ذلك عمليات مختلفة تؤثر على السفوح ومن ثم على الطرق، وهذا ما حدث في ولاية كاليفورنيا في أمريكا، حيث أدى زحف مكونات إحدى السفوح الى إزاحة الطريق المشيد أسفله كما أدى الى كسر أنابيب المياه.

ومما يزيد من مشاكل الطرق في المناطق الجبلية كثرة الأودية التي تقطعها، خاصة وأنها ذات أعماق سحيقة وسفوح شديدة الانحداركما في المناطق المرتفعة، وقد تكون بعض السفوح ضعيفة التكوينات وتحتاج الى معالجة فتزداد كلف انشاء الطريق والمشاكل والمخاطر المحتملة.

وقد تعترض مسار الطريق مرتفعات ذات تكوينات هشة لايمكن قطعها او المرور عبر سفوحها وتمتد تلك المرتفعات على نطاق محدود لذا يستخدم أسلوب الأنفاق إذا كانت التكوينات تحت السطحية ملائمة لذلك، ومن الجدير بالذكر ان الأنفاق تستخدم منذ فترة طويلة في حل مشكلة النقل في العديد من الدول، حيث تم التغلب على مشكلة الازدحام المروري الذي تشهده الطرق فوق سطح الارض، واستطاعت تلك الدول من تأمين المواصلات لكل سكان المدن الكبرى عبر المتروإنفاق وبدون مشاكل، حيث تتوفر عناصر الأمان والسرعة والراحة واختصار الوقت، وقد استخدمت القطارات والباصات الكبيرة في هذا المجال لأنها تؤدي خدمة افضل من الأنواع الأخرى، وتعد المدن الكبرى مثل لندن وباريس وطوكيو وغيرها تعتمد على النقل عبر الانفاق.

وتحتاج عملية انشاء الانفاق الى تحري موقعي للتعرف على ما يأتي:

أ. نوع الصخور وما تتضمنه من تراكيب واتجاه ميل الطبقات.

ب. سمك الطبقات التي سيقطعها النفق.

ج. مدى تأثير المنشآت السطحية على الانفاق التي ستمر من تحتها.

د. عمل مجسات رأسية لفحص نوع التكوينات الى الأعلى والأسفل من النفق لمعرفة مدى استجابتها للعمليات المختلفة في الوقت الحاضر والمستقبل.

ه. مصادر المواد التي تستخدم في إقامة النفق ومدى توفر البعض منها أو جميعها في المناطق القريبة منه.

و. تحديد المناطق الضعيفة التي تحتاج الى إقامة دعائم تزيد من متانتها.

ز. طبيعة الوضع الهيدرولوجي السطحي والجوفي ومدى تأثيره على مد النفق.

ح. المناخ السائد في المنطقة وتأثير عناصره على النفق عند التنفيذ أو بعده.

ط. العمليات الجيومورفولوجية الحالية والمتوقعة واثارها على النفق.

تتخذ الانفاق أوضاعا مختلفة اعتمادا على تلك المعطيات وتعد طبيعة الطبقات الصخرية من اكثر العناصر أهمية والتي تتحكم في نوع النفق الذي يمر عبرها ومنها ما يأتي:

1) انفاق تقام في الصخور الرسوبية والتي تتخذ اوضعا متباينة حسب طبيعة امتداد وميل الطبقات الصخرية وما تتضمنه من تراكيب اولية وثانوية.

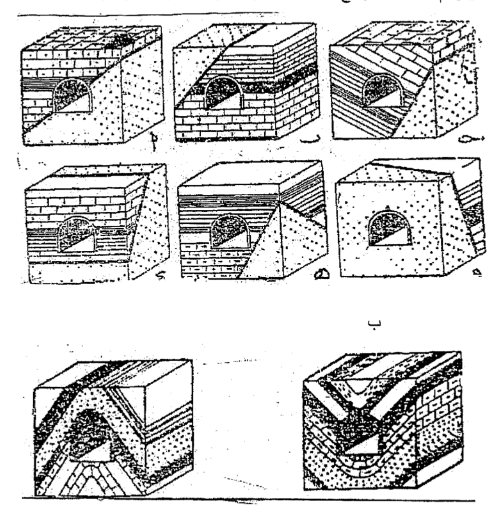
2) انفاق تقام عبر الصخور النارية التي تقل فيها التراكيب الثانوية من فواصل وكسور لانها كتلية وليست طبقية ، واكثر صلابة من الرسوبية والمتحولة ، شكل رقم(6 – 7أ).

3) انفاق عبر صخور هشة ضعيفة التماسك وانها تحتاج الى معالجات يترتب عليها تكاليف كبيرة.

4) انفاق عبر الطيات ، وتكون بعيدة عن قمة الطية لانها تعد من اكثر النقاط تعرضا للاجهادات والضغط ، شكل رقم (6 – 7 ب).

5) انفاق في طبقات صخرية ذات فوالق وتعد من التراكيب التي تسبب مخاطر على الانفاق، وفي حالة الاضطرار الى انشاء الانفاق عبرها يجب ان تكون بوضع يتقاطع معها.[16]

شكل رقم (6 – 7) مواقع الانفاق ضمن بعض التكوينات والتراكيب الصخرية



2 – **السهول الفيضية:**

تتميز السهول الفيضية عن بقية مظاهر سطح الارض بانبساطها والتي تسهل عملية مد الطرق فوقها من حيث المبدأ، الا ان المشاكل التي تعترض ذلك كثيرة ستظهر عند القيام بالتنفيذ، وبعضها منظورة واخرى غير منظورة ومنها مايأتي:

أ. تتكون السهول الفيضية من تربة رسوبية منقولة ضعيفة التماسك والتحمل، لذا يتعرض الطريق الى الهبوط وخاصة عند مرور مركبات الحمل الثقيلة، لذا تحتاج الى معالجة لتحسين خواصها أو استبدالها.

ب. وجود قنوات الري والبزل والتي تمتد على شكل شبكات تتقاطع مع الطريق في عدة مواقع، ويحتاج ذلك الى قناطر وجسور فتزداد كلفة الطريق.

ج. تتضمن بعض السهول الفيضية بحيرات هلالية ومستنقعات لايمكن مد الطريق عبرها، لسعتها وضعف صلابة تكويناتها لتشبعها بالمياه وصعوبة انشاء جسور عليها، لذا يجب الابتعاد عنها نحو مناطق افضل في خصائصها واقل كلفة ومشاكل، الا انها اطول مسافة.

د. ارتفاع مناسيب المياه الجوفية بسبب الري المستمر وارتفاع مناسيب مياه النهر خاصة في مواسم الفيضان فتؤثر على خصائص التربة، والتي تنعكس اثارها سلبا على الطرق.

ه. التعرض الى فيضانات الانهار بشكل مباشر فتعمل على تدمير الطرق.

و. تأثير المنعطفات النهرية وخاصة على الطرق التي تمر قرب ضفاف الانهار، حيث تعمل على زيادة المسافة حسب نوع الانعطاف، كما تتعرض الطرق القريبة من قمة المنعطف الى مخاطر التعرية التي ادت الى تدمير العديد من الطرق.

يظهر مما تقدم ان مد الطرق عبر السهول الفيضية تعترضه الكثير من المشاكل والتي تحتاج الى كلف اضافية لغرض تجاوزها، وربما يكون البعض من الصعب معالجته مثل الفيضانات التي لايزال الانسان غير قادر في السيطرة عليها،

وفي نفس الوقت يسعى العالم الى توفير الطرق التي يتحقق فيها الامان والراحة وسرعة الوصول.

3- الهضاب:

تعد الهضاب من الاشكال الارضية التي تشغل حيزا واسعا من سطح الكرة الارضية وباشكال وتكوينات متباينة، فبعضها ذات سطح منبسط واخرى سطحها متضرس، كما تتباين في نوع مكوناتها من حيث الصلابة، ولكل نوع مشاكل معينة تواجه مد الطرق، لذا سيتم تناول كل نوع على حدة وكما تأتي:

أ - هضاب منبسطة:

تتكون بعض الهضاب من تكوينات صخرية جيرية او طباشيرية، او أي نوع من الصخور الرسوبية الأخرى، والتي من خصائصها قابليتها على الذوبان بالماء في المناطق الرطبة التي تتعرض الى سقوط الامطار بكميات غزيرة، وربما تسمح طبيعة الطرق بتجمع المياه فوق بعض المواضع لوجود حفر وشقوق ضمنها او لانخفاضها عما يجاورها، او فوق المناطق المحاذية لتلك الطرق مباشرة، فتعمل تلك المياه على إذابة بعض مكونات الطريق فينتج عنها تشقق الطبقة العليا منها، وتسرب المياه الى الطبقة التي تليها فتعمل على أضعاف تماسكها وصلابتها ومن ثم هبوطها.

وتزداد المشكلة تعقيدا عند مرور مركبات الحمل الثقيلة فوقها فتعمل على توسع تلك الحفر والشقوق وهبوط تلك المواضع، وقد تصل الى حد يصعب معه مرور المركبات الصغيرة من تلك المواضع.

وتحدث مثل تلك الظاهرة في بعض المدن وخاصة التي لا تتوفر فيها شبكات لتصريف مياه الامطار والصرف الصحي تعمل بشكل كفوء، فتوجه مياه الاستعمالات المنزلية والأمطار نحو الشوارع فتتجمع في المواضع المنخفضة، وتبقى

لفترة طويلة فتؤدي الى تدمير هذه الأجزاء من الشوارع فتتحول الى حفر ومطبات وتكون ذات منظر مشوه للطريق، وهذا ما يجب الانتباه اليه عند تخطيط الشوارع فيجب ان تكون درجة انحدارها كافية لانسياب المياه بشكل طبيعي من الشوارع الفرعية الى الرئيسة ومنها الى مجاري تنقلها بعيدا عن تلك الطرق.

ب – هضاب متضرسة:

تتميز بعض الهضاب بقلة انبساطها وتموج سطحها لما تتضمنه من تلال وهضاب صغيرة (الميسا) ووديان متباينة الابعاد، لذا يواجه مد الطرق في مثل تلك الهضاب مشاكل عدة تحتاج الى معالجات وإجراءات لتجاوزها، ففي بعض المواقع يعترض الطريق تلال اوهضاب صغيرة، في مثل هذه الحالة اما ان ترفع تكويناتها السطحية للحفاظ على مستوى الطريق واستقامته أو تغيير المسار إذا كانت تكويناتها رملية او تتضمن أشكال كارستية تؤدي الى هبوط الطريق في المستقبل، وفي حالة عدم وجود إمكانية للقيام بتلك الإجراءات تتخذ إجراءات أخرى لتحسين تلك التكوينات مثل استبدالها بمواد اكثر صلابة مثل استخدام صخور صلبة اوكتل كونكريتية.

اما في حالة اعتراض الطريق مناطق منخفضة فيجب دفنها بتكوينات صلبة لرفع منسوبها الى مستوى الأراضي المرتفعة المحيطة بها للحفاظ على مستوى واستقامة الطريق حسب المخطط المعد لمد الطريق، وربما يتطلب الأمر رفع بعض تكوينات تلك المنطقة واستبدالها بأفضل منها ذات قدرة تحمل عالية.

وفي حالة اعتراض الطريق أودية فيجب انشاء جسور وقناطر وبأوضاع ملائمة لتلك الطرق وبارتفاع يسمح بعبور اكبر موجة سيل يشهدها الوادي لتجنب مخاطرها التي تؤدي الى تدمير العديد من تلك الجسور في المناطق الصحراوية، عندما تتعرض

الى أمطار شديدة ينتج عنها سيول عارمة تغمر الجسور فتعمل التعرية الشديدة مع قوة اندفاع المياه التي تضغط بها على الجسورعلى تدميرها ، كما حدث في الصحراء الغربية من العراق، وما حدث في مدينة جدة بتاريخ 2009/11/25، حيث عملت الامطار الغزيرة على تدمير الجسور والطرق المارة عبر الاودية.

ج— الهضاب ذات التكوينات الهشة:

يغطي سطح مساحات واسعة من المناطق الصحراوية تكوينات غير متماسكة كالرمال وتربة اللوس، والتي تعد ضعيفة التحمل لذا يكون مد الطرق عبرها مكلفا ، وقد يتطلب الأمر أزالتها واستبدالها بأخرى افضل منها ، وربما تكون الرمال على عمق كبير يصعب رفعها ومعالجتها ومد الطرق فوقها ، مثل صحراء الربع الخالي في الجزيرة العربية وبحار الرمال في الصحراء الأفريقية.

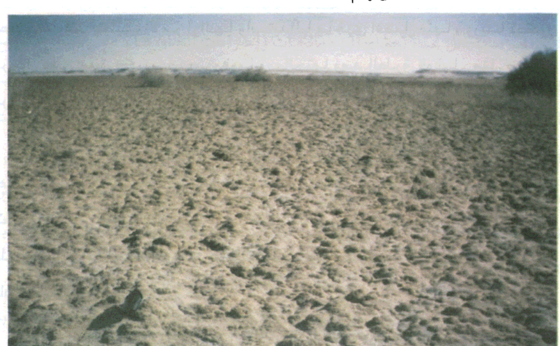
وحتى ان تم مد تلك الطرق فهنالك مشكلة اخرى تتعرض لها تلك المناطق وهي تحرك الرمال والأتربة نحوها فتسبب مشاكل بيئية ومرورية ، الأولى تتعلق بتحديد الرؤيا والتلوث والثانية تجمع كميات كبيرة من الرمال فوق الطريق فتؤثر على حركة المرور وتعمل على عرقلته ، وقد يتسبب في حوادث ينتج عنها خسائر مادية وبشرية.

وهذا ما حدث في ولاية نيفادا الأمريكية إذ يؤدي زحف الرمال الى تغطية طريق المرور السريع مما يضطر الجهات المسؤولة الى أزالته بين فترة واخرى، يصل الى ثلاث مرات في السنة على الأقل، وفي كل مرة يزاح ما بين 1500 و 4000م^3 من الرمال، ورغم المحاولات الجادة لتثبيت الكثبان الرملية الا انها لم تفلح.[17]

ومن التكوينات الهشة في المناطق الصحراوية أراضي السبخات التي توجد في المنخفضات الصحراوية التي تتجمع فيها مياه الامطار حاملة معها رواسب واملاح

مختلفة تكون هشة وغير متماسكة ، وقد تكون تلك المناطق منخفضة الى حد ترتفع فيه مناسيب المياه الجوفية الى مستوى قريب من سطح الارض فتظهر الارض وكأنها محروثة وذلك لجفاف الطبقة الرقيقة السطحية لتعرضها الى الهواء والحرارة فتنكمش تلك الطبقة ويرتفع جزء منها بشكل بارز فيظهر سطحها متضرس، شكل رقم (6 – 8) صورة لارض سبخة ، وتعد تلك المناطق ضعيفة التحمل يصعب مد الطرق فوقها الا بعد معالجات مكلفة.

شكل رقم (6 – 8) صورة لارض سبخة



4 – **مناطق البحيرات والمستنقعات الجافة ومجاري الانهار المطمورة:**

يغطي سطح البحيرات والمستنقعات الجافة رواسب غير متماسكة وهشة ضعيفة التحمل، لذا تتعرض الى الهبوط والانخساف عند مرور المركبات الثقيلة فوقها ، وعليه يجب معالجة تلك التكوينات من خلال خلطها بمواد تسهم في تحسين خصائصها ، او استبدالها بتكوينات افضل.

وكذلك الحال بالنسبة لمجاري الانهار المطمورة او المتروكة التي تتكون من رواسب رملية ضعيفة التحمل تغطيها طبقة رقيقة من الطين، فعند مد الطرق فوقها تتعرض الى الهبوط، وربما يصل مستوى المطبات الناتجة عن الهبوط الى حد لايمكن ان تمر السيارات الصغيرة والمتوسطة من المرور عليها، وهذا ما حدث في مدينة الرمادي في العراق حيث تعرض أحد الطرق المارة فوق نهر مطمور لمسافة لاتزيد عن 1كم الى الهبوط لمرور المركبات الثقيلة عليه، وتمت معالجته بحلول ترقيعية عدة مرات، والتي لم تجدي نفعا، وأخرها وهو رفع تلك التكوينات واستبدالها بصخور صلبة، وقد كانت تكاليف المعالجة تفوق كلفة انشاء هذا الجزء من الطريق اكثر من ضعفين.

5 – مناطق التكوينات الجليدية:

تعد المناطق التي كان يغطيها الجليد سابقا والمناطق التي غطتها الرواسب الجليدية من المناطق الضعيفة التماسك والتحمل، حيث يعمل التجمد والذوبان على اضعاف تماسك تلك التكوينات، وكذلك الحال بالنسبة للرواسب التي تنقلها الثلوج والمياه الناتجة عن أذابتها فهي ضعيفة التماسك والتحمل، لذا عند مد الطريق فوقها يجب معالجتها من خلال حقنها بمواد صلصالية غير مسامية تزيد من تماسكها. [18]

ومن الجدير بالذكر ان اختيار المواضع الملائمة لانشاء الطريق لا يتوقف على التكوينات السطحية فقط بل يشمل التي تحتها فكلما كانت صلبة وخالية من الشقوق والكسور ساعدت على زيادة قوة تحمل الطبقة العليا وتسهم في إدامة الطريق، وبالعكس إذ يؤدي ضعفها الى قلة مقاومة او اضعاف الطبقة التي تعلوها، وعليه يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار نوع تلك التكوينات عند انشاء الطرق.

ثانياً – مكونات الطرق ومتطلباتها الاساسية:

1 – مكونات الطرق

تتكون الطرق من ثلاث طبقات رئيسية وكما يأتي:

أ – الطبقة السفلى او تحت الأساس:

وتشمل مكونات سطح الارض التي يمر فوقها الطريق والتي تختلف من مكان لاخر عبر المسافة الطويلة التي يمتد عبرها الطريق، حيث تتباين خصائص المكونات فبعضها جيد والبعض الأخر غير جيد ويحتاج الى معالجة، وتعد تلك الطبقة ذا أهمية كبيرة لتركز ضغط حركة المركبات عليها عبر الطبقات التي تعلوها وعليه أي خلل فيها تنعكس أثاره على تلك الطبقات فيتعرض الطريق الى التشقق والهبوط، لذا يجب ان تكون طبقة متماسكة وصلبة ولاتسمح للمياه بالتسرب خلالها وعليه يتم ضغطها بمكائن ثقيلة لزيادة تماسكها وصلابتها.

ب – طبقة الأساس:

تقع فوق الطبقة السابقة ويتركز عليها ثقل المركبات والذي يتوزع بشكل متساوي على أجزاء تلك الطبقة فيكون تأثيرها على التي تحتها اقل، لذا يجب ان تتمتع بمتانة عالية بحيث لا تتأثر بعناصر المناخ، لذلك تستخدم كسارة الصخور المختلفة كمواد اولية لهذه الطبقة، وفي حالة عدم توفرها تستخدم الترب الطينية الثقيلة المتماسكة والصلبة وقليلة التأثر بالعوامل الخارجية.

ج– الطبقة السطحية:

وتمثل الجزء العلوي او السطحي من مكونات الطريق والتي تكون عبارة عن خرسانة ممزوجة من القير او الإسفلت او الأسمنت والحصى المتوسط الحجم او

الصخور المجروشة، والتي تمزج وفق مقادير معينة ففي حالة زيادة نسبة القير تكون الخلطة لينة وقابلة للتمدد عند ارتفاع درجة الحرارة، اما إذا قلت نسبة القير وازدادت نسبة الحصى او الحجر فيكون الطريق خشن وذا مسامية عالية تسمح بتسرب المياه في داخل مكونات الطريق فتعمل على اضعاف تماسكه، ولغرض تجاوز السلبيات التي تتعرض لها الطرق يجب ان تتصف المواد المستخدمة في تلك الطبقة السطحية بما يأتي:

أ. مواد صلبة ذات مقاومة انضغاطية عالية.

ب. قليلة المسامية والنفاذية

ج. خشونة أسطح الحصى والصخور المجروشة لزيادة التماسك والمتانة.

د. قلة تأثر المواد المستخدمة بعناصر المناخ.[19]

2 – المتطلبات الاساسية لأنشاء الطرق:

ان انشاء الطرق يتطلب مراعاة جوانب مختلف تصب جميعها في تحقيق المتانة وقلة المشاكل ومنها مايأتي:

1) طبيعة تضاريس المنطقة ودرجة انحدار سفوح المرتفعات والأودية.

2) موقع الطريق بالنسبة لشواطئ البحار ومجاري الانهار، ومدى تأثيرها عليه من خلال عمليات التعرية والتجوية، وما تتضمنه من تعرجات ومنعطفات تزيد في أطوال الطرق.

3) نوع التكوينات السطحية وتحت السطحية في المواضع التي تمر بها الطرق.

4) طبيعة المياه الجوفية، ومدى تأثيرها على الطريق عند إنشاءه.

5) نوع التساقط الذي يتعرض له الطريق على طول امتداده، امطار ام ثلوج، واثاره على مكونات الطريق، وحركة المرور فوقه.

6) نوع البيئة التي يمر بها الطريق واثرها عليه، مثل المرور عبر المناطق الصحراوية، وما يتعرض له الطريق من مشاكل مثل حركة الرمال، او المرور خلال مناطق سهلية تتعرض الى مخاطر الفيضانات او المرور ضمن منطقة جبلية تتعرض الى عمليات سقوط وانزلاق وهبوط.

7) مدى توفر المواد اللازمة لأنشاء الطريق، كالقير والإسفلت والأسمنت والصخور والحصى.

8) اختيار اقصر الطرق واقلها مخاطر واكثرها راحة وأمانا.

9) عمل مجاري على جانبي الطريق لتجميع مياه الامطار والثلوج الساقطة فوق الطريق والمناطق المجاورة لها ونقلها بعيدا عنها.[20]

10) عدم السماح بتوجيه مياه الاستعمالات المنزلية والصرف الصحي والأمطار نحو الشوارع والتي تعمل على تدميرها.

11) تخطيط شوارع المدن بشكل يضمن انسياب مياه الامطار نحو مناطق تخصص لتجميعها خارج الشوارع.

12) عدم مد انابيب شبكات مياه الشرب والصرف الصحي في وسط الطرق بل تكون ضمن الرصيف المخصص للمشاة، حيث يؤدي مرور المركبات الثقيلة فوق تلك الأنابيب الى اعطابها فتعمل على تدمير الطريق، وقد تكون الأثار غير واضحة في البداية الأ بعد مرور فترة من الزمن فيتعرض الطريق الى الهبوط او الانخساف في تلك المواضع.

13) اتخاذ التدابير اللازمة لمواجهة المشاكل القائمة والمتوقعة التي تتعرض لها الطرق المارة اسفل السفوح، والتي تكون مخاطرها كبيرة على مستخدمي الطريق.

المبحث السادس – تخطيط الجسور على مجاري الانهار والاودية الجافة.

تقام الجسور لتأمين استمرار الطريق عبر مجاري الانهار والاودية، والتي يتم اختيار مواضعها وفق أسس معينة منها ما يأتي:

أ. اختيار أضيق المناطق ضمن مجرى النهر لغرض الامان وقلة التكاليف.

ب. يتقاطع الجسر مع المجرى بشكل مستقيم وليست مائل لتقليل التكاليف والمخاطر.

ج. عدم إقامة الجسور عند المنعطفات لاتساع المجرى وتركز عمليات التعرية ولارساب فيها اكثر من المناطق التي تميل الى الاستقامة، مما يعرضه الى مخاطر فضلا عن ارتفاع التكاليف.

د. ان تكون ضفاف المجرى ذات تكوينات صلبة وقابلية تحملها عالية وقليلة الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية، وفي حالة عدم توفر تلك الخصائص الملائمة فيجب بناء مساند كونكريتية او استبدال التكوينات الضعيفة بأخرى صلبة.

ه. تصميم الجسور على ارتفاع عال بحيث لا تؤثر عليها أعلى موجة فيضان يحتمل ان يشهدها النهر، للحفاظ على الجسور من التدمير التي قد يترتب عليها خسائر مادية وبشرية.

اما على الأودية الجافة فيكون الجسر على ارتفاع لا تؤثر عليه السيول عند حدوث زخات مطر شديدة، وتعد مستويات السيول في السنوات الماضية الأساس الذي يمكن الاعتماد عند إقامة الجسور.

و. تصميم الجسور بشكل يتناسب مع طبيعة حركة المرور ونوع المركبات التي ستمرعليه والموضع الذي يقام الجسر فوقه ، وعلى العموم تكون الجسور مقوسة في المدن بالنسبة للطرق العادية ومستقيمة في طرق المرور السريع، شكل رقم(6 – 9)صور توضح بعض الجسور.

ز. عدم السماح للرواسب بالتجمع في قاع المجرى او الوادي أمام الجسور او تحتها ، والتي تعمل على رفع مناسيب المياه فتؤثر على الجسور والضفاف من خلال عمليات التعرية والانهيار والانزلاق.

شكل رقم(6 – 9)صور توضح بعض الجسور.







المبحث السابع – تخطيط المطارات:

أولاً – انواع المطارات

تخطط المطارات حسب الخدمة التي تؤديها فبعضها للنقل داخل البلد وخارجه واخرى لأغراض محددة وتسمى بالمطارات الثانوية، مثلا للأغراض العسكرية او الزراعية او التصوير الجوي او أي خدمة محددة، واستنادا لذلك يتم تخطيط الممرات الخاصة بإقلاع وهبوط الطائرات حسب نوع الطائرة ودرجات الحرارة وارتفاع ارض المطار عن مستوى سطح البحر وميل الارض، وعلى العموم تكون أطوال الممرات كما يأتي:

1) مطارات ثانوية طول الممر ما بين 500– 1000 م.

2) مطارات محلية طول الممر ما بين 1000– 1300 م.

3) مطارات رئيسية طول الممر مابين 1300 – 1800 م.

4) مطارات كبيرة للرحلات داخل القارة طول الممر ما بين 1800 م – 2300م.

5) مطارات كبيرة جدا للرحلات بين القارات طول الممر مابين 2300 – 3300م.

وتتخذ الممرات أوضاع مختلفة منها منفردة واخرى مزدوجة او متقاطعة اوعلى شكل حرف (V)، وعليه يحتاج كل نوع من المطارات الى منشآت ومواقف سيارات وخدمات، وهذا يتطلب مساحة واسعة من الارض، والتي تصل الى 20 كم^2 واقل من ذلك في المطارات الصغيرة.[21]

ثانياً – العناصر التي يجب مراعاتها عند تخطيط المطارات:

1) ان تكون الارض منبسطة وذات انحدار بسيط لغرض تصريف مياه الامطار والصرف الصحي خارج منطقة المطار، وكذلك لتامين تصريف المياه الجوفية بشكل طبيعي دون الحاجة الى محطات ضخ نحو المناطق الواقعة خارج المطار.

2) ان لا تكن المنطقة حوضية تحيط بها الجبال التي تعرقل عمليات الإقلاع والهبوط.

3) انبساط ارض المطار، بحيث يسهل انشاء الممرات عليها في اتجاهات مختلفة لتأمين عمليات الإقلاع والهبوط.

4) توفر المياه من مصادر مختلفة سطحية او جوفية لسد حاجة الاستعمالات المختلفة.

5) ان تكون ارض المطار ذات تكوينات متماسكة وقدرة تحملها عالية لاستقبال الطائرات الكبيرة.

6) عدم تأثر ارض المطار بالنظام الهيدرولوجي سواء المياه السطحية او الجوفية.

7) عدم التعرض الى العواصف الرملية والغبارية التي تؤثر على مدى الرؤيا، كما تؤثر على الممرات عند تجمع الرمال والأتربة فوقها فتعرقل عمليات الإقلاع والهبوط.

8) نوع المناخ السائد من حيث الحرارة وتساقط الامطار والثلوج والرياح والضباب ومدى تأثيرها على الطيران.

ثالثاً – الخصائص الجيومورفولوجية لارض المطارات

ان الخصائص الطبيعية الجيولوجية والهيدرولوجية والجيومورفولوجية تتباين من مكان لاخر، وربما لا توجد منطقة تتوفر فيها جميع الشروط الملائمة لأنشاء المطارات، اذ تتباين المشاكل من منطقة لأخرى، فبعضها يمكن معالجتها واخرى مكلفة المعالجة او غير مجدية.

وقد كات لطبيعة سطح الارض الدور الفاعل في شكل وحسعة المطار، فبعضها واسعة لتوفر ارض مناسبة والبعض الاخر متوسطة المساحة، في حين توجد مطارات صغيرة تقتصر على مدرج واحد للهبوط والاقلاع، لعدم توفر المساحة اللازمة، شكل رقم (6 – 10) بعض النماذج من المطارات متباينة المساحة، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال المقارنة بين مناطق متباينة في خصائصها وكما يأتي:

1) **السهول الفيضية:**

تتميز السهول الفيضية عن غيرها من مظاهر السطح بما يأتي:

أ. انبساط الارض وعلى نطاق واسع.

ب. ارتفاع مناسيب المياه الجوفية.

ج. التعرض الى مخاطر الفيضان بشكل مباشر او غير مباشر.

د. قدرة مكوناتها على التحمل ضعيفة لقلة تماسكها.

ه. توفر المياه لسد حاجة الاستعمالات المختلفة.

2) **ارض المدرجات النهرية:**

ان ما تتميز به المدرجات يتمثل بما يأتي:

أ. الارض المنبسطة محدودة المساحة.

ب. جيدة التصريف لمياه الامطار وغيرها.

ج. عدم التعرض الى أخطار الفيضانات لارتفاعها عن مستوى مجاري الانهار.

د. عدم التأثر بالمياه الجوفية، حيث لا تساعد تكويناتها على خزن المياه في طبقاتها العليا لنفاذيتها العالية، فضلا عن ارتفاعها وابتعادها عن مصادر تلك المياه.

ه. قدرة تحمل تكويناتها جيدة.

3) الهضاب الصخرية المنبسطة:

تعد الهضاب المنبسطة من المناطق التي تتمتع بالعديد من الخصائص منها ما يأتي:

أ. ارض منبسطة واسعة المساحة.

ب. قدرة تحملها عالية خاصة في المناطق الجافة وتقل في المناطق الرطبة وخاصة التي تتكون من صخور كارستية تذوب في الماء.

ج. عدم التعرض لأخطار الفيضان.

د. قلة توفر المياه.

ه. التعرض الى العواصف الرملية والترابية في اغلب الأحيان اكثر من المناطق الأخرى.

شكل رقم (6 – 10) بعض النماذج من المطارات متباينة المساحة



المبحث الثامن – ظاهرة هبوط الارض واثرها على تخطيط المشاريع الهندسية

تعد ظاهرة هبوط الأرض من المشاكل التي تعرضت لها مناطق عدة في العالم، ورغم أنها قديمة الا ان أثارها ومخاطرها بدت واضحة في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، وذلك مع زيادة استغلال الموارد الطبيعية وانتشار العمران، وقد كانت تلك الظاهرة في بادئ الأمر تحدث لأسباب طبيعية، الا أن

تدخل الإنسان في شؤون البيئة أسهم في ارتفاع معدلات حدوث تلك الظاهرة، كما ارتفع عدد الحالات والمشاكل الناتجة عنها، والهبوط يعني تعرض جزء من سطح الأرض الى التحرك نحو الأسفل عما يحيط به، فيظهر منخفض عما يجاوره، وتختلف درجة الهبوط من مكان لأخر حسب العامل المسبب لذلك، كما أنها متباينة الحدوث من حيث السرعة، فبعضها بطيئة وتستمر عشرات السنوات كما هو الحال بالنسبة للمناطق التي يتم سحب المياه من تحتها، او التي تتغير فيها خصائص التربة، او قد تكون سريعة الحدوث وعميقة مثل ظاهرة تكهف الطبقة تحت السطحية، ثم تتعرض الى الهبوط بشكل مفاجئ، كما ان مدى تأثيرها على النشاط البشري يختلف من مكان لأخر حسب نوعية الأنشطة التي تمارس في مكان الهبوط.

ولغرض تغطية الجوانب الأساسية للموضوع سوف يتم تناول العوامل المسببة لذلك والأحداث والمشاكل الناتجة عنها.

أولاً – اسباب الهبوط

1) هبوط ناتج عن انخفاض منسوب المياه الجوفية
2) هبوط ناتج عن سحب البترول والغاز
3) هبوط ناتج عن عمليات التعدين الباطني
4) هبوط ناتج عن عمليات الري
5) هبوط ناتج عن تأثير الزلازل
6) هبوط ناتج عن الميل والانحدارات
7) هبوط ناتج عن تأثير الجاذبية الأرضية

8) هبوط ناتج عن تأثير مياه الأمطار النادرة

9) هبوط ناتج عن ارتفاع درجات الحرارة

10) هبوط ناتج عن تغير خصائص التربة.[22]

11) هبوط ناتج عن تأثير الأحمال الساكنة على الأرض كالمنشئات والمباني

12) هبوط ناتج عن تأثير الأحمال المتحركة على طبقات التربة كحركة الإنسان والعربات والمركبات.

13) هبوط ناتج عن التراكيب الجيولوجية الثانوية (الكسور والطيات والفواصل والشقوق)

14) هبوط ناتج عن ظاهرة التكهف(الكارست)

15) هبوط ناتج عن هبوط نيازك على سطح الأرض

وسيتم استعراض أسباب تعرض الأرض إلى الهبوط وكما يأتي:

1 – هبوط ناتج عن انخفاض منسوب المياه الجوفية

يتعرض سطح الأرض في بعض الأماكن إلى حركة أفقية أو رأسية ناتجة عن ضخ واستغلال الماء الجوفي، وتعرف الحركة الرأسية للقشرة الأرضية بهبوط سطح الأرض، ويظهر هذا واضح في المناطق التي يتركز فيها استغلال المياه الجوفية على نطاق واسع، وتتجاوز كمية الضخ المعدلات المحددة وفق نطاق الأمان، وتنخفض تبعا لذلك مناسيب المياه الجوفية أو السطح البيزومتري في الخزانات المستغلة، فيسمح ذلك بتحرك الطبقة التي كانت مشبعة بالمياه إلى الأسفل لكي تحل ذرات التربة مكان الفراغ الذي تركته المياه، ويزداد هذا الهبوط كلما ازداد هبوط منسوب الماء الجوفي أو السطح البيزومتري، وكلما ازداد سمك الخزان

الجوي أو الطبقات شبه الصماء أو الحابسة تصبح هذه الطبقات أكثر إنضغاطية، فيزداد عمق المنطقة الهابطة.

ومن الجدير بالذكر أن الهبوط غير المنتظم أوالمتفاوت لسطح الأرض يظهر نتيجة زيادة الاختلاف أو الفرق بين العوامل المذكورة اعلاه، ويعد الهبوط غير المنتظم أشد خطورة من الهبوط العادي أو المنتظم.

أما الحركة الأفقية لسطح الأرض أو القشرة الأرضية فيمكن أن تسبب شروخا وشقوقا في سطح الأرض، فينتج مزيدا من الدمار لكل ما هو موجود فوق سطحها، وقد سجلت حالات انهيار وتدمير كامل لكثير من الجسور والمباني والطرق والأنفاق وخطوط السكك الحديد، وخطوط شبكات المياه والمجاري والكهرباء، فضلا عن انهيار وتقوس كثير من أنابيب تغليف آبار المياه الجوفية وذلك نتيجة لإجهاد التكوينات الصخرية.

وسجلت ايضا كثير من حالات انعكاس ميل قنوات خاصة بالري والصرف الصحي، نتيجة الهبوط التفاضلي والمتفاوت لسطح الأرض، وقد تسبب ظاهرة الهبوط فى سطح الأرض زيادة فى خطورة الفيضانات التي تتعرض لها المناطق المنخفضة. إن هبوط سطح الأرض الطويل الأمد الذي يكون سببه استغلال المياه الجوفية، يمكن إيقافه عن طريق خفض معدلات ضخ المياه الجوفية الى معدلات إنتاج الأمان، وبواسطة عمليات حقن المياه فى الخزانات الجوفية ورفع مناسيبها لإيقاف عملية الهبوط، وقد يشير البعض الى أمكانية أعادة الأرض الهابطة الى ما كانت عليه، وهذا غير ممكن وخاصة المناطق التي توجد فوقها أبنية ومنشآت ثقيلة غير قابلة للتحرك ارتفاعا مهما كان ضغط المياه التي يتم ضخها.

ومن الشواهد على هبوط الأرض بسبب استخراج المياه الجوفية ما يأتي:

أ. تعد مدينة البندقية فى ايطاليا إحدى الأمثلة الواضحة التي تعانى من مشاكل هبوط الأرض بشكل خطير، وتتعرض كذلك لفيضانات بحرية عديدة ناتجة عن ظاهرة المد العالي المتكررة، وقد هبط سطح الأرض فى هذه المدينة بمقدار (15 سم) فى المدة ما بين (1930 – 1973)، وذلك نتيجة الضخ الشديد للمياه الجوفية، للأغراض الصناعية فى منطقة ميناء مار جيرا، التي تبعد عن مركز مدينة البندقية حوالي7 كيلو متر. ويرى العلماء أن سطح الأرض في البندقية سوف يستمر فى الهبوط وبمقدار (3 سم) إذا استمر معدل الضخ الحالي للمياه الجوفية، أما إذا أوقف الضخ الحالي للمياه الجوفية فى كل المنطقة سوف يتوقف الهبوط في مناطق الأبنية والمنشآت، وربما تعود المناطق التي لا يوجد فوقها اثقال الى مستوى مقارب لما كانت عليه سابقا بعد فترة من الزمن تصل الى أكثر من عشرين سنة.

ب. هبوط أجزاء من مدينة المكسيك بمقدار (8 أمتار) وذلك منذ بدا عمليات ضخ الماء الجوفي الشديد والمكثف عام 1938.

ج. شهدت اليابان هبوط أجزاء من مدينتي طوكيو واوساكا، وكان أقصى هبوط سجل فيها هو (4 أمتار)، وذلك في الفترة ما بين 1928 و 1934.

د. مدينة تابيه في الصين سجلت هبوط قدره متر واحد، نتيجة لضخ الماء من حوض تايبيه الجوفي.

ه. تعرض أجزاء من مدينة لندن الى هبوط بمقدار يتراوح مابين (16 – 18 سم) خلال الفترة ما بين (1865 – 1930)، وذلك نتيجة لانضغاط طبقات الطين السميكة، والتي سببها هبوط السطح البيزومتري للخزان الجوفي الطباشيري الذي يقع أسفل هذه الطبقات.

و. هبوط المنطقة الصناعية في مدينة باتون – روج بولاية أريزونا، حيث يتركز استغلال الماء الجوفي، فنتج عن ذلك هبوط الأرض بمقدار 30 سم نتيجة انخفاض السطح البيزومتري بمقدار (60 سم)، وذلك منذ بدا عمليات الضخ عام 1890، اى أن معدل الهبوط كان 5 سم لكل عشرة أمتار هبوط في السطح البيزومتري.

ز. هبوط في منطقة هوستن_جال فستون بتكساس، كان أقصى هبوط لسطح الأرض هو (150 سم)وذلك نتيجة هبوط في منسوب المياه الجوفية بمعدل (60 مترا)، أي ما يعادل (25 سم) لكل عشرة أمتار هبوط في منسوب المياه الجوفي.

وقد أشارت التقارير الحديثة عن هبوط سطح الأرض في المنطقة المذكورة قد ازداد حتى وصل الى (7.2 مترا)، مما سبب في ازدياد الفيضانات للمناطق المنخفضة نتيجة موجات المد العالي التي تحدث في المنطقة.

كما أدى هذا الهبوط والفيضانات الى تدمير العديد من المباني والإنشاءات المختلفة، وقدرت هذه الخسائر مابين 1969 – 1973 بحوالي 73 مليون دولار. وقد أدت عمليات ضخ واستغلال المياه بكميات كبيرة في كثير من مناطق العالم وخاصة لأغراض الري الى هبوط سطح الأرض، ومنها مناطق السرير في ليبيا، ومناطق وادي سان جاكوين فى كاليفورنيا، وقد وصل هذا الهبوط الى (5.8 أمتار) فى منطقة سان جاكوين بكاليفورنيا، اى بمعدل 55 سم/سنة.

ح. تعرض بعض مناطق نيوزيلندا الى الهبوط، وخاصة فى اماكن استغلال الماء الجوفي الساخن من حقول الماء الحراري الجوفي، واستخدامه فى عمليات توليد الطاقة الكهربائية والتدفئة والإغراض الأخرى، وقد حدث هبوط فى منطقة ايركى بمعدلة (40 سم) فى السنة، وقدرت مساحة المنطقة المتأثرة بهذا

الهبوط بحوالي (65 كيلو متر مربع) وصل الهبوط الكلى لسطح الأرض منذ بدأ استغلال الحقل الجوي الحراري عام 1956 الى حوالي 4 أمتار.

د – تعرض احدى المناطق في مصر الى هبوط ارضي واضح في منطقة التحتنية بالواحات البحرية قرب مدينة الباويطى التي تمارس فيها زراعة كثيفة، نتيجة سحب المياه الجوفية من آبار عدة، وقد كان من نتائج ذلك هبوط سطح الأرض، فنتج عنه تجمع المياه بالمنطقة الهابطة على شكل مستنقعات مائية وسبخات في المناطق الواطئة منها.

2 – الهبوط الناتج عن سحب البترول والغاز

ان الهبوط الأرضي الناتج عن استخراج البترول والغاز الطبيعي عادة ما يتميز بمحليته وتركزه في مناطق محددة وواضحة بشكل اكبر مما يترتب على سحب المياه الجوفية، ومن مناطق الهبوط الرئيسية الناتجة عن سحب البترول منطقة حقل ولمنجتون في كاليفورنيا بالولايات المتحدة، اذ كان الهبوط بيضوي الشكل ويمتد محوره من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي، وقد بلغ عمق الهبوط الأرضي الذي تعرضت له المنطقة خلال الفترة من 1928 الى 1971 تسعة أمتار ونصف تقريبا. وعادة ما يرتبط الهبوط في مناطق استخراج البترول بحركات أفقية تؤدي الى تشويه الطبقة السطحية وظهور بعض التموجات، وقدرت خسائر الهبوط فى المعدات والإنشاءات فى هذه المنطقة بحوالي 100 مليون دولار.

وقد عولجت ظاهرة الهبوط وتم إيقافها بواسطة حقن المياه المالحة فى المصائد أو الخزانات النفطية، وقد لوحظ أن هناك ارتفاع لسطح الأرض فى بعض المناطق التي حقنت بمعدلات كبيرة.

3 – الهبوط الناتج عن عمليات التعدين الباطني:

تعد عمليات التعدين الباطني احد أسباب حدوث الهبوط الموضعي في كثير من المناجم، حيث يعد التعدين بمثابة إزالة جزء من مكونات القشرة الأرضية تحت السطحية، وتكوين تجاويف تحتية تتعرض أسطحها للانهيار، خاصة مع زيادة كمية المواد التي يتم تعدينها، وشق ممرات رئيسية أفقية ورأسية داخل المنجم تؤدي الى تقويض سفلي يتسبب عنه في كثير من الأحيان تدمير وتشويه لسطح الأرض في مناطق التعدين.

وكثيرا ما يؤدي استخراج الفحم في أوربا الى حدوث هبوط ارضي في مساحات واسعة حول مناطق الاستخراج تتعرض للغمر، مثلما حدث من هبوط للأرض بالسهل الفيضي لنهر ستور قرب كنتربري في بريطانيا بسبب تعدين طبقة من الفحم يتراوح سمكها ما بين 1.2 الى 1.5 متر، وقد بلغ الهبوط الذي بدأ بالظهور منذ عام 1933 الى 60 سم.

4 – الهبوط الناتج عن عمليات الري:

يرافق بعض عمليات ري المحاصيل الزراعية هبوط ارضي في بعض المناطق الزراعية، مثل مناطق رواسب المراوح الفيضية الهامشية، كما هو في وادي سان خواكين بكاليفورنيا، حيث شهدت هبوطا تراوح ما بين 5 الى 15 قدما، وعادة ما يحدث الهبوط بسبب تعاقب الرطوبة مع الجفاف على انواع التربة الصلصالية، فيؤدي جفافها بعد ابتلالها الى تصلبها وانكماشها.

والواقع رغم ان ظاهرة الهبوط السطحي للأرض غير ملحوظة في كثير من المناطق خاصة في الدول غير المتقدمة التي لا تتوفر فيها عمليات مسح وقياسات دقيقة الا ان نتائجها ذات اثر كبير على العديد من الاستخدامات البشرية المختلفة،

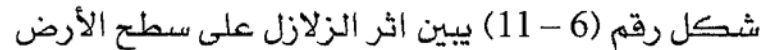
فالهبوط يرتبط مثلا بحدوث اضطراب في نظم الري والصرف وانهيار السدود والخزانات السطحية وترييح المباني [23].

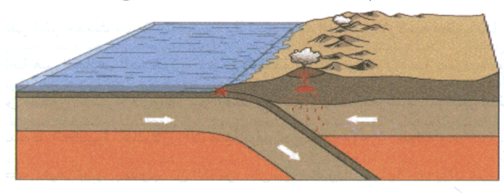
5 – الهبوط الناتج عن تأثير الزلازل:

تعد الزلازل أو الهزات الأرضية إحد الظواهر الطبيعية التي تصيب بقاعاً واسعة من الأرض بصورة مستمرة، وخاصة المناطق التي تقع في مناطق يمر عبرها خط زلزالي، وتصيب مواقع أخرى بصورة مفاجئة مسببة في كلا الحالتين الكوارث والدمار إذا كانت شدتها كبيرة، وإذا وقعت بؤرتها تحت مناطق مأهولة بالسكان، وبمعنى اخر حدوث حركات موجية في تكوينات القشرة الأرضية يعقب ذلك تحرر الطاقة من الغلاف الصخري، وهذه الطاقة تتولد نتيجة لإزاحة عمودية أو أفقية ضمن صخور القشرة الأرضية عبر الصد وع التي تحدث لتعرضها المستمر للتقلصات والضغوط الكبيرة، فالزلازل الأرضية تولد حركات موجية طولية وعرضية، والتي تتراكب فيما بينها بالقرب من القشرة الأرضية، فتزداد سعتها مما يولد قوى تزعزع استقرار الصخور على المنحدرات فتؤدي الى حصول الانهيارات الأرضية أو الى انزلاق المنحدرات.

وقد يصاحبها العديد من الشقوق والانهيارات الأرضية وتساقط الكتل الصخرية، والتي تكون متفاوتة الحجم والشكل والوزن، وتتحرك من اعلى المرتفعات والسفوح بفعل القوى الرأسية والأفقية للموجات الزلزالية في مناطق البؤر السطحية للزلازل والمناطق المجاورة، أو في تلك المناطق التي تصلها الموجات الزلزالية المدمرة بحسب قوة الزلزال وتأثير قوى الجاذبية الأرضية وبعض العوامل الأخرى، وان التأثيرغير المباشر للموجات الزلزالية يؤدي الى خلخلة الكتل الصخرية والتربة غير المستقرة، مما يؤدي الى إضعاف مستويات الإسناد في الحواف والمنحدرات الجبلية، فيحث هبوط في أجزاء من سطح الأرض.

ان الهزات الأرضية التي تحدث بين حين وأخر في كل من البحر الأحمر وخليج عدن وخليج تاجروا في جيبوتي التي تبلغ قوتها 5.4 بمقياس ريختر نتيجة الإجهادات للتوسع المحوري لكل من البحر الأحمر وخليج عدن لها تأثير مباشر أو غير مباشر على بعض المناطق بحكم ارتفاعها من ناحية وقربها من مصدر الهزات الأرضية، أو أنها تقع ضمن الصدوع الموازية لانفتاح البحر الأحمر وخليج عدن من ناحية أخرى، شكل رقم (6 – 11) يبين اثر الزلازل على سطح الأرض.


شكل رقم (6 – 11) يبين اثر الزلازل على سطح الأرض



وهنا يمكن القول أن الزلازل تعد كعامل محفز لحدوث الانهيارات والانزلاق الأرضية، كما أن الاستخراج المفرط من المياه والنفط من تحت سطح الأرض يؤدي الى خلق أجواء مناسبة للحركات التكتونية وحدوث النشاط الزلزالي، وتظهر تلك الأنواع من الزلازل في حالة انخفاض أو زيادة الضغط والطاقة بين الطبقات.

6 – هبوط ناتج عن الميل والانحدارات

أن معظم مناطق الانهيارات والانزلاقات الأرضية على سبيل المثال في اليمن تحدث في المناطق الشديدة الانحدار، والتي يترتب عليها عدم استقرار الكتل الصخرية والتربة الواقعة عليها وكلما زاد الميل اختل الثبات والاستقرار وبدأ الانهيار بالحركة نحو الأسفل أو يبقى في وضع غير مستقر، والميل مظهر طبيعي لتركيب جيولوجي أولي أو ثانوي. وينهار المنحدر الذي يتمتع بزاوية ميل اكبر من زاوية توازن

القوى المؤثرة فيه، ان زاوية الميل قد تصل في بعض المناطق الى أكثر من 85 درجة وبالتالي تصبح هذه المناطق عرضة لتساقط الكتل الآهلة للسقوط وزحف التربة نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية الطبيعية وبعض العوامل الأخرى.

وهذه الانحدارات الشديدة ناتجة عن الحركات التكتونية العنيفة والصدوع التي حدثت في العصور الجيولوجية الماضية، بالإضافة الى عوامل التعرية اللاحقة التي أدت الى تكوين سفوح شديدة الانحدار، ثم تشققها وخلخلتها وانهيارها بفعل أضعاف قوى الترابط فيما بينها.

و تعد الانحدارات من أهم الأسباب الرئيسية التي تؤدي الى انزلاق الكتل الصخرية وزحف التربة وجعل المنطقة غير مستقرة جيولوجياً، وقد يترتب على تجمع الصخور والثلوج وإقامة الأبنية الثقيلة فوق بعض السفوح حدوث عمليات هبوط في الأرض، ويكون واضحا في المناطق التي تكون هشة ورطبة.

7 –تأثير الجاذبية الأرضية

أن للجاذبية الأرضية دوراً كبيراً في عملية الهبوط والانهيار والانزلاق الصخري وزحف التربة المفككة والركام الصخري على المنحدرات، والتي تؤدي الى تدمير المدرجات الزراعية والمباني السكنية والبنية التحية، وقوة الجاذبية الأرضية تزداد بزيادة مقداري الكتلة ودرجة الميل، أي تتناسب تناسبا طرديا مع مقدار الكتلة ودرجة الميل وتزداد أيضا عندما تمتلئ مسامات الصخور بالمياه أثناء تساقط الأمطار.

وان عدم الاستقرار هنا ناتج عن تأثير التجوية والتعرية التي تقلل من مقاومة سطح المنحدرات الصخرية وتسهل عملية انزلاق الصخور غير المتماسكة أو زحف التربة الى أسفل المنحدرات بواسطة قوة جذب الأرض لها.

أو بمعنى أخر يحدث الانهيار نتيجة لزيادة القوى المسببة للانهيار عن القوى المعاكسة لها والأولى سببها قوة الجاذبية والثانية مقاومة ناتجة عن قوة التماسك والاحتكاك بين الحبيبات. ويحدث الانزلاق عادة عند نقاط الضعف الموجودة مثل الشقوق الناتجة عن اجتهادات الشد.

8 – هبوط ناتج عن تأثير مياه الأمطار النادرة

تعد الأمطار من أهم عناصر المناخ ارتباطاً بحياة الإنسان، كما أنها تتحكم في عناصر البيئة المختلفة كالتربة ونوع الغطاء النباتي وكثافته وتوزيع السكان.

وتعد الأمطار احد الأسباب الرئيسة التي تؤدي الى الهبوط والانهيارات والانزلاق الأرضية نتيجة لتأثر الصخور بالعديد من الشقوق والفواصل أثناء تكوينها أو من خلال العمليات الجيولوجية اللاحقة لتكوينها بالإضافة الى عوامل التعرية الأخرى.

فعندما تتشبع هذه الصخور بمياه الإمطار والضباب الكثيف المشبع ببخار الماء الذي يستمر الى عدة أشهر خلال فصول السنة والعيون والينابيع من خلال الشقوق والفواصل الموجودة فيها، تؤدي الى تقليل وإضعاف قوى التماسك والشد والاحتكاك بين أسطح التلامس للكتل الصخرية وتعمل أيضا على إذابة المواد اللاحمة في الصخور وتكوين مادة غروية أو صابونية تسهل عملية انزلاق الصخور أو التربة التي تعلوها، كما أنها تشكل حمل وثقل إضافي على الطبقات الصخرية مما يؤدي الى زيادة الوزن وتشقق الصخور نتيجة الثقل الواقع عليها مما يسهل عملية الانزلاق للمكونات الصخرية.

كما أن وجود بعض الطبقات الطينية التي ترتكز عليها الكتل الصخرية المعرضة للسقوط تساعد على حدوث الانهيارات الصخرية لان هذه الطبقات لها قابلية

شديدة لامتصاص المياه والانتفاخ والتشقق بعد فقدانها للمياه وبذلك تكون محفزة لحدوث الانهيارات وتساقط الكتل الصخرية.

كما تعمل مياه الأمطار التي تتجمع في الحفر التي تتضمنها الترب الهشة على تشبع تلك التكوينات بالمياه فساعد على إذابة الأملاح وبعض المواد التي تضمها تلك التكوينات، فينتج عن ذلك هبوط الأرض، ويزداد الهبوط مع جفاف الأرض بسبب أعادة ترتيب مكونات التربة لتحل محل الفراغات التي كانت تشغلها المياه.

9 – هبوط ناتج عن ارتفاع درجات الحرارة

تعد الحرارة من أهم عناصر المناخ لما لها من تأثير مباشر على عناصر المناخ الأخرى وخاصة فى المناطق ذات الحرارة المرتفعة صيفياً ومنخفضة شتاء، وتنخفض درجات الحرارة بفعل عامل الارتفاع، ونتيجة لاختلاف درجات الحرارة أثناء الليل والنهار تؤدي الى استمرار تمدد الصخور وانكماشها وهذا يؤدي بدورة الى خلخلة أجزائها وتفتتها، كما أن التغير في درجة الحرارة يؤدي الى تولد ضغوط وجهود متباينة في الصخر، وفي اتجاهات مختلفة يكون نتيجتها على مر الوقت حدوث التشققات في الاتجاهات المختلفة مما يساعد على تهشم الصخر وتفتته خصوصاً في الطبقات الخارجية منه، ثم يمتد التأثير الى الطبقات التي تليها من الداخل.

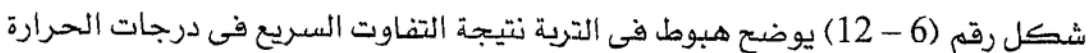
كما إن الصخور ليست جيدة لتوصيل الحرارة وان انتقال الحرارة من السطح إلى الداخل قليل وبالتالي لا تتمدد الأسطح الداخلية بنفس تمدد وتقلص الاسطح الخارجية، وهذا يؤثر على مدى انفراط وتكسر الصخر.

فكلما زادت الحرارة والرطوبة تزداد التجوية الكيميائية، والعكس صحيح، وإذا قلت الحرارة والرطوبة زادت التجوية الميكانيكية والعكس صحيح،

ويظهر تنوع عمليات التجوية وتفاوتها حسب كميات الأمطار والحرارة حيث تصبح التجوية الكيميائية نشطة في المناطق التي تزداد فيها درجة الحرارة والأمطار.

وتزيد عملية التجوية الكيماوية بحوالي الضعف أو ثلاثة أضعاف لكل ارتفاع في درجة الحرارة يساوي عشرة درجات مئوية، كما أن انخفاض درجة حرارة الماء إلى ما دون نقطة التجمد يزيد من نشاطه الميكانيكي، كما انه تشتد عملية التجوية الميكانيكية الناجمة من التغيرات في درجات الحرارة، ففي حالة تجمد الماء يزداد حجمه في الفراغات الصخرية بنسبة 9٪ مما يضغط على الصخور ويفتتها ويشققها، وقد يصل ضغط الماء المتجمد والمحصور في الصخور عند درجة الحرارة – 22م إلى 2100 طن / قدم مربع.

شكل رقم (6 – 12) يوضح هبوط فى التربة نتيجة التفاوت السريع فى درجات الحرارة.


شكل رقم (6 – 12) يوضح هبوط فى التربة نتيجة التفاوت السريع فى درجات الحرارة



10 – هبوط ناتج عن تغير خصائص التربة:

أ – مشكلة التربة الانتفاخية:

تشير بعض الإحصاءات الى ان الأضرار التي تلحق بالمنشآت المقامة على التربة الانتفاخية تفوق الأضرار التي تلحق بالمنشآت بسبب الفيضانات والأعاصير والزلازل مجتمعة ، وتشمل هذه المنشآت المباني والطرق والجسور وخطوط الأنابيب، وكل المنشآت غير المرنة والتي ترتكز على آو تمر من خلال التربة الانتفاخية.

والمشاكل التي تسببها التربة الانتفاخية تتوقف لحد كبير على اختلاف الضغوط تحت المنشأ من مكان لأخر بسبب التوزيع غير المتساوي لمحتوى الرطوبة في التربة الحاملة للأساسات، . فيتضح أن المباني الصغيرة، والجسور والطرق تؤثر بأحمال صغيرة على التربة الانتفاخية مقارنة بضغوط الانتفاخ وآلتي تصل الى حوالي (10000 رطل/قدم^2 آو (479000 باسكال).

ب – أنواع الأضرار التي تسببها التربة الانتفاخية:

تشهد التربة حركة متفاوتة تحت المنشأ الواحد من مكان إلى آخر، اذ يتغير منسوب التربة في المكان الواحد إلى الأعلى والى الاسفل تبعا للتغيرات الموسمية لمحتوى الرطوبة ومستوى المياه الجوفية، والتربة تتعرض لهذه الحركة الرأسية الموسمية حتى على أعماق تصل حوالي 2م.

وفي حالة إقامة أبنية على مساحة كبيرة نسبيا فان التغيرات الموسمية في محتوى الرطوبة بسبب الأمطار سوف تتوقف عن الحدوث تحت وسط المنشأ ولكنها سوف تستمر في الحدوث حول أطراف ومحيط المنشأ ، وهذا يؤدى إلى هبوط أطراف المنشأ بالنسبة لوسطه في مواسم الجفاف، وهذه الظاهرة تسمى تقبب التربة تحت المنشأ ، وعلى العكس من ذلك في مواسم الأمطار فان أطراف المنشأ ترتفع بالنسبة

لوسطه، ويحدث ما يسمى تقعر التربة، ويسمى تمدد التربة حول محيط المنشأ بالتمدد الموسمي، ويحدث تأثير مماثل على مستوى الرطوبة بالتربة نتيجة لوجود تسرب من أنابيب اومواسير المياه أو الصرف الصحي في جانب من جوانب المنشأ، ويسمى التمدد الناتج عن ذلك في التربة بالتمدد العام.

ويحكم على مدى انتفاخية التربة بدلالة كل من علامة اللدونة (P. I) ونسبة المكون الطيني بالعينة وهذان يتم تعينهما معمليا، وقد عكست الخبرة تأثير علامة اللدونة (P. I)على مدى الانتفاخية وكما يلي:

مدى علامة اللدونة (P. I) مدى انتفاخية التربة.

صفر – 14 ٪ قابلية صغيرة للانتفاخ NONCRITICAL

14 – 25٪ انتفاخية متوسطة MARGINAL

25 – 40٪ انتفاخية كبيرة CRITICAL

اكبر من 40٪ انتفاخية كبيرة جدا HIGHLY CRITICAL

علما أن علامة اللدونة (P. I) هي مؤشر فقط، ولكن هناك عوامل أخرى تحدد مدى قابلية التربة للانتفاخ مثل البناء التركيبي للتربة، وكذلك عمق الطبقة الانتفاخية، والذي يؤدى في الحكم على مدى الحركة فوق سطح الأرض.

وقبل اختيار نوع الأساسات يجب الأخذ في الاعتبار التركيب الجيولوجي للموقع، وكذلك تأثير المياه الجوفية، وهناك العديد من التجارب المعملية التي تتيح حساب قيمة التمدد التي يتعرض لها موقع معين، وهذه التجارب لا غنى عنها في حالة تشييد المنشآت الكبرى الهامة.

ج- التربة الانهيارية:

تعد التربة الانهيارية من أكثر أنواع الترب التي تتعرض الى حدوث هبوط فيها ، وهي التربة التي تنهار تحت تأثير الإجهادات المنقولة من المنشآت أوتحت تأثير الإجهادات الذاتية نتيجة لوزن التربة نفسها ، وتهبط بشكل فجائي عندما تزيد نسبة رطوبتها.

وقد تسمى هذه التربة كاذبة ، حيث تكون ذات سلوك هندسي جيد يتمثل في قوة تحمل عاليه للإجهادات وتغير حجمي قليل عند التحميل تحت الظروف الجافة ، إلا أنها تفقد كثيراً من قوه تحملها وينقص حجمها فجأة عند تشبعها بالماء ، وتنتشر هذه التربة على مساحات شاسعة في العالم ، شكل رقم (6 – 13) يبين هبوط التربة الانهيارية. [24]

شكل رقم (6 – 13) يبين هبوط التربة الانهيارية.



د – تميع التربة

يعد تميع التربة من أسباب انهيار المنشآت الناتج عن الزلازل، وهو يحدث في الطبقات العليا المحمولة، أي الترب المفككة والمشبعة، لذا كثيراً ما يلاحظ ذلك قرب المناطق الساحلية.

ويعرف التميع بأنه هبوط مفاجئ في مقاومة القص، وهو يكافئ هبوط في قدرة تحمل التربة مما يؤدي إلى تميعها وسيلانها وفورانها، وبالتالي تغوص الطبقات العليا المحمولة، شكل رقم (6 – 14) حدوث تميع في التربة قرب مركز زلزال اضنة التركي.

شكل رقم (6 – 14) يوضح حدوث تميع في التربة قرب مركز زلزال اضنة



أن استمرار دوران قوى القص المتعاكسة في الرمل المشبع (كما يحصل أثناء الزلزال) يؤدي إلى زيادة الضغط المسامي، والذي يؤدي بدوره إلى تناقص الإجهاد الزلزالي الفعال وقوى القص، ويحصل تميع التربة عندما تصل قيمة قوة القص إلى الصفر، وإن الظروف التي يعد وجودها مناسباً لحدوث التميع هي:

أ. طبقة تربة رملية ضعيفة التحمل يتراوح عمقها بين 15 – 20 م

ب. جزيئات تربة متماثلة وذات حجم متوسط.

ج. ظروف إشباع، وخاصةً عندما تكون التربة مغمورة بالمياه.

د. قيم منخفضة لاختبار النفاذية.

إن الأضرار الرئيسية الناتجة عن زلزالي لوما بريتا و نورثريدج ظهرت في مناطق معرضة بشكل كبير لتميع التربة بالرغم من بعدها عن مركز الزلزال، الشكلان (6 – 15 أ وب)يوضحان انهيار مباني بسبب تميع التربة في اليونان، وانقلاب أحد الأبنية بسبب تميع التربة وتدني منسوب التأسيس نتيجة لحدوث زلزال ازميت في تركيا.

وإن المناطق التي كانت فيما مضى مسالك مائية أو مستنقعات أو بحيرات أو مناطق مستصلحة بطريقة الغمر المائي تتصف بارتفاع احتمال تعرضها لهذه الظاهرة، ولا يوجد حل تصميمي فعال لمثل هذه الحالة، والاحتياط الوحيد هو من خلال معرفة جيولوجية المنطقة والضرر التاريخي الناتج عن زلازل سابقة في المنطقة.

الشكلان (6 – 15 أ وب) يوضحان انقلاب ابنية بسبب تميع التربة





وقد استخدمت الدول المتقدمة تكنولوجيا وتقنيات متطورة في البناء تناسب طبيعة المكان وتقاوم الزلازل، مثل اليابان والولايات المتحدة الأمريكية.[25]

11 – هبوط ناتج عن تأثير الأحمال الساكنة على الأرض كالمنشئات والمباني

ان أقامة الأبنية في بعض المواضع او تكديس مواد ثقيلة يعد احد الأسباب التي يترتب عليها هبوط في الأرض، فقد تقام أبنية متعددة الطوابق فوق ارض ضعيفة التماسك والتحمل، وربما تكن صلبة وهي جافة ولكن هشة عندما تتشبع بالمياه، وقد تتعرض الكثير من الأبنية الى هبوط أجزاء منها فتحدث تصدعات في تلك الأبنية.

12 – هبوط ناتج عن تأثير الأحمال المتحركة على طبقات التربة كحركة الإنسان والمركبات.

ان حركة مركبات الحمل والركاب الكبيرة تترك اثار كبيرة على الطرق التي تمر عبر ارض رملية او سبخة او كلسيه في مناطق رطبة، حيث تهبط ممرات الطرق في الجهة التي تتركز فيها حركة تلك المركبات، بينما لا تظهر اثار ذلك في الممرات التي تمر عبرها سيارات صغيرة، رغم تشابه الخصائص والظروف او في نفس المكان، وهذا يعني ان الحمولة الكبيرة الناتجة عن ثقل المركبة وما تحمله يسهم في زيادة الضغط على الطريق وما تحته من تكوينات فتهبط الى الأسفل او تتحرك جانبا فتتحول الى مطبات وعرة يصعب المرور عبرها بمرور الزمن.

13 –هبوط ناتج عن التراكيب الجيولوجية الثانوية (الكسور والطيات والفواصل والشقوق)

تتضمن طبقات صخور القشرة الأرضية السطحية وتحت السطحية صدوع وكسور وفوالق وطيات لها الأثر الكبير في أضعاف مقاومتها، فتنعكس أثار ذلك

على قدرة تحملها ، لذا تتعرض بعض المواضع الى الهبوط نتيجة الضغط الذي تسببه الأحمال الثابتة او المتحركة ، وقد تسهم هذه الظاهرة في زيادة عمليات التعرية والتجوية في تلك التكوينات فتقلل من قدرتها على التحمل.

14 – هبوط ناتج عن ظاهرة الكارست.

ان وجود الصخور الجيرية في اي مكان له أثار سيئة على خصائص المكان، وذلك لكونها تضم معادن لها القدرة على الذوبان بالماء بسرعة، وقد ادى ذلك الى اذابة بعض التكوينات تحت السطحية بحيث تصبح الطبقة العليا رقيقة جدا ، لذا تنهار بصورة طبيعية في بعض الأحيان، وربما تنهار عندما يمر فوقها مكائن ثقيلة او مركبة كبيرة ، وفي كل الحالات سوف تهبط تلك المواضع على أعماق قد تصل بضع مئات من الأمتار في بعض الأحيان.

15 – هبوط ناتج عن هبوط نيازك على سطح الأرض

تتعرض بعض المناطق في العالم الى هبوط النيازك من الفضاء فتترك حفر عميقة يتوقف عمقها وسعتها على حجم النيزك الساقط، كلما كبر الحجم زاد التأثير، ففي الشكل رقم (6 – 16) فوهة نيزكية في أريزونا الشمالية قطرها 2.1 كيلومتر حَفَرَها كويكبٌ ضرب الأرض منذ 50000 سنة، ومع أن قطر الكويكب كان 30 مترا فقط الا إن مادته المعدنية زودته بالقوة اللازمة لاختراق الغلاف الجوي للأرض دون أن يتفكك، فيصدم بالأرضَ بهذا الحجم فيحدث هبوطا كبيرا في الارض.

الشكل رقم(6 – 16) فوهة نيزكية في أريزونا الشمالية



ثانياً – مظاهر الهبوط في العالم:

1– في الولايات المتحدة الامريكية

شهدت مناطق عدة من الولايات المتحدة عمليات هبوط لاسباب مختلفة، والصور تبين بعض النماذج من الهبوط، شكل رقم (6 – 17) نماذج من هبوط الارض في الولايات المتحدة الامريكية.

شكل رقم (6 – 17) نماذج من هبوط الارض في الولايات المتحدة الامريكية





تابع شكل رقم (6 – 17) نماذج من هبوط الارض في الولايات المتحدة الامريكية









2 – مظاهر الهبوط في الأمارات العربية المتحدة

1 – هبوط أرضي مفاجئ بمنطقة الرغيلات.

شهدت دولة الأمارات العربية المتحدة عدة حالات من الهبوط والتي انعكست آثارها على الأبنية والشوارع الواقعة في تلك المناطق، ففي امارة الفجيرة لم تدم فرحة احد المواطنين سوى بضعة أيام في مسكنه الجديد بمنطقة الرغيلات قبل ان تواجهه

مشكلة الانهيارات والتصدعات الأرضية المفاجئة في باحة البيت، لتبدأ رحلة معاناة مع البيت الذي انتظره بفارغ الصبر هو وزوجته وأطفاله، الذين اصبح عليهم ان يتجنبوا اللعب في باحة المنزل نظرا لخطورة الحفر وعمقها الشديد والتي يمكن ان تبتلع شخصا دون ان يعلم به احد.

وقال صاحب الدار انه كان يلاحظ في زياراته للبيت اثناء أعمال التشطيب وقبل ان يستلمه بقليل ظهور بعض التشققات الأرضية الصغيرة التي كان يكتفي بإعادة ردمها بالرمال لتختفي بعد ذلك، موضحا ان المشكلة تفاقمت بعد ان انتقل هو وأسرته للبيت، حيث بدأت تظهر حفر عميقة فجأة، ودون سابق إنذار، مما شكل خطورة على حياة أسرته وخاصة الأطفال، نظرا لعمق الحفر التي لا يعلم نهاية بعضها.

2 – هبوط في منطقة خليفة أ القريبة من مستشفى المفرق – أبو ظبي

يروي احد المتضررين من هذه الكهوف ان مدينة خليفة أ كانت تلقب مع بداية ظهورها عام 1990 بمدينة الأحلام وانه ممن تحققت أحلامهم بالإقامة في هذه المدينة، حيث حصل على ارض وشيد عليها منزلا وسكن فيه، و كانت المفاجئة في هبوط فيلا قريبة من منزله بمنسوب يزيد عن متر، وأحدث ذلك شرخا في السقف والجدران والأساسات، وامتد الهبوط الى الفيلا الملاصقة لمنزله تماما، وكانت الخسائر فادحة، حيث انهار المبنى بكاملة وتوقف البناء بامر من البلدية، شكل رقم (6 – 18) مجموعة صور تبين تضرر عدد من الأبنية في الأمارات.[26]

شكل رقم (6 – 18) مجموعة صور تبين تضرر عدد من الأبنية في الأمارات









3 – هبوط ارضي في مصر:

حدث هبوط أرضى فى المنطقة الواقعة أمام قسم باب الشعرية القديم بشارع الجيش بالعباسية ، وذلك بطول 10م وعرض 10م وعمق 15م، مما أدى إلى تسرب المياه الجوفية داخل نفق مترو أنفاق محطتي الجيش وباب الشعرية وانسداد فتحة النفق بينهما خلال أعمال حفر جارية بالنفق، شكل رقم (6 – 19) يوضح جانب من هبوط الارض. [27]

شكل رقم (6 – 19) يوضح جانب من هبوط الارض في القاهرة



مراجع الفصل السادس

1) د. يحيى عيسى فرحان؛ التطبيق الهندسي للخرائط الجيومورفولوجية، مصدر سابق، ص 37.

2) Anne R. Beer; Environmental Planning for site development, London, 1990. p. 67 .

3) د. صلاح الدين علي الشامي؛ الجغرافيا دعامة التخطيط، منشأة المعارف الإسكندرية، ط2، 1976، ص 173.

4) د. محمد يوسف واخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق، ص 236 – 237.

5) د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق، ص97

6) د. محمود توفيق سالم؛ هندسة الطرق، دار الراتب الجامعية، بيروت 1984، ص 110.

7) د. صلاح الدين على الشامي؛ الجغرافيا دعامة التخطيط، مصدر سابق، ص 366.

8) د. عبدالاله أبو عياش؛ مدينة عمان دراسة في الهجرة الداخلية والتضخم الحضري، بحث مقدم الى المؤتمر الخامس لمنظمة المدن العربية، الرباط 1977، للفترة من 6 – 12 حزيران، ص 186.

9) د. مصطفى حاج عبد الباقي؛ النمو العمراني الحضري في مدينة مكة المكرمة، المشاكل والحلول، بحث مقدم الى المؤتمر الثامن لمنظمة المدن العربية 1986، ص 21.

10) د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص332.

11) ارثين ليفون، زهير ساكو؛ أنشاء المباني، ط1، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد 1982، ص 37 – 38.

12) Anne R. Beer;Environmental Planning for site development, opcit, p75. – 12

13) ارثين ليفون وزميله؛ أنشاء المباني، مصدر سابق، ص 404.

14) د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق، ص 144.

15) د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله؛ علم الخرائط، مصدر سابق، ص 247.

16) د. محمود توفيق سالم؛ أساسيات الجيولوجيا الهندسية، دار الراتب الجامعية بيروت 1985 ص 212 – 214.

17) أدور كلير؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق، ص 138.

18) د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق ص713.

19) د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق، ص 300.

20) د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص718.

21) د. خالد علام ود. سمير سعد علي ود. مصطفى الديناري؛ التخطيط الإقليمي، ط1، مكتبة ألا نجلو المصرية القاهرة 1995 ص 387.

22) م. أبو بكر، هبوط التربة أخطر المشاكل الإنشائية، مقال منشور على موقع الانترنت

http: //www. herosh. com/download/59221... itled. bmp. html

23) مشاكل هبوط الارض، مقال منشور على موقع منتدى طلبة جامعة الفاتح،

http: //www. 100. ly/index. php?mode=t&t=10417

24) .... أحمد عادل أحمد عشره، هبوط التربة أخطر المشاكل الإنشائية، مقال منشور على موقع الانترنت، http: //www. eshra. co. nr

25) العوامل التي تزيد من اثر الزلازل على العمران، مقال منشور على موقع الانترنت عندما تهتز الأرض www. eq. 4eco. com

26) حمدان احمد الغسية، هبوط سطح الأرض، مقال منشور على موقع الانترنت،

http: //search. live. com/results

27) هبوط وسط القاهرة، مقال منشور على موقع الانترنت

http: //www. egynews. net/wps/portal/news?params=75359

الفصل السابع

التضاريس الأرضية وتخطيط مشاريع الري والبزل

الفصل السابع
التضاريس الأرضية وتخطيط مشاريع الري والبزل

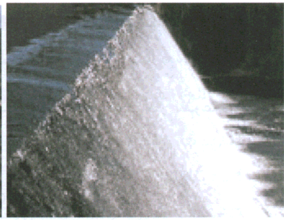
ان اختيار مواقع السدود والخزانات وتخطيط مشاريع الري والبزل يعتمد على معلومات متنوعة في مجالات عدة جيومورفولوجية وجيولوجية وهيدرولوجية، وبيئية، سواء ما يقام منها على مجاري الانهار او الأودية الجافة، وفي هذا المجال سوف يتم تناول مواقع السدود والخزانات وتخطيط مشاريع الري والبزل كل على حده.

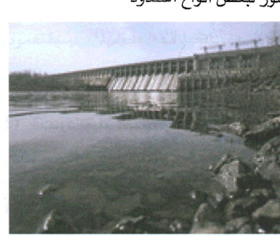
المبحث الاول: انواع السدود والخزانات.

أولاً – انواع السدود:

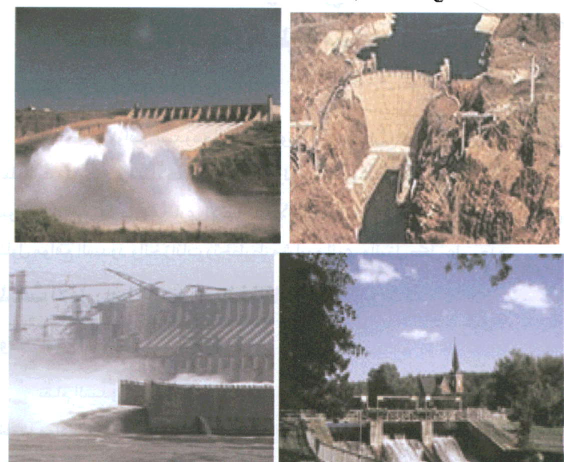
تقام السدود على الانهار والاودية الجافة لتؤدي غرضا معينا، ويستخدم في بناءها مواد متنوعة، وعليه تكون السدود على انواع سواء من حيث الغرض الذي وجدت من اجله، او من حيث المادة المستخدمة في بناءه، شكل رقم (7 – 1) صور لبعض انواع السدود، وسيتم تناول انواعها وكما يأتي:

شكل رقم (7 – 1) صور لبعض انواع السدود





تابع شكل رقم (7 – 1) صور لبعض انواع السدود



أ – السدود حسب الغرض الذي أقيمت من اجله.

1) سدود تقام للتحكم في المنسوب المائي مثل السدود المقامة على الانهار لرفع مناسيب المياه أمامها لكي تدخل في الترع الجانبية والقنوات أمام السد ، او للمحافظة على مستوى معين لغرض الملاحة.

2) سدود تقام على مجاري الانهار الشديدة الانحدار للحد من سرعة الجريان وشدة التعرية.

3) سدود لأغراض تخزين المياه في مواسم الفيضان للتخلص من أثارها.

4) سدود لتوليد الطاقة الكهربائية من خلال الفرق في منسوب المياه قبل السد وبعده فتعمل على تدوير التوربينات.

5) سدود لرفع مناسيب المياه الجوفية في مناطق معينة من خلال رفع مناسيب المياه الجارية السطحية فتتسرب الى التكوينات المحيطة متخذة مستوى المياه الجارية.

6) سدود متعددة الأغراض، أي تقام لتؤدي عدد من الخدمات المذكورة في الفقرات السابقة

ب – انواع السدود حسب المواد المستخدمة في بناءها وشكلها.

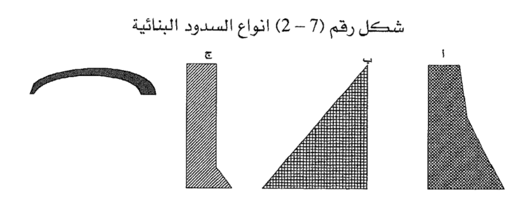
سدود بنائية، وهي على انواع منها ما يأتي:

أ. سدود تثاقلية، وتتكون من خرسانة عادية وفي وضع مستقيم اومنحني الشكل حسب طبيعة تخطيطها وانسجاما مع الظروف الطوبوغرافية في المنطقة التي تقام فيها، اما قطاعها فيكون شبه منحرف، شكل رقم (7 – 2 أ) ويفضل انشاء هذا النوع من السدود فوق صخور صماء صلبة.

ب. سدود ذات اكتاف او حائطية، ويتكون هذا النوع من جزئين الاول حائط من الخرسانة الكونكريتية المسلحة مائلا الى الوراء، والذي يقع تحت تأثير القوى الناتجة عن ضغط المياه، اما الجزء الثاني فهو اكتاف او حيطان رأسية عمودية على الحائط السابق لمواجهة الضغط المسلط عليه ونقله الى الاساسات، ويعد هذا النوع اقل كلفة من النوع السابق، شكل رقم (7 – 2 ب).

ج. سدود قبوية، وتتكون من حائط خرساني محدب باتجاه منبع النهر لتوزيع القوى المؤثرة على السد على امتداد قطاعه وعلى جانبيه، ويحتاج هذا النوع الى تكوينات صخرية صلبة، شكل رقم (7 – 2 ج).

شكل رقم (7 – 2) انواع السدود البنائية



1) **سدود ترابية**، وتقسم الى نوعين:

أ – سدود إملائية ترابية.

تقام تلك السدود من مواد مفككة مثل الطين والرمل والزلط او الحصى وقطع الصخور والحجر الطيني، وقد تكون تلك المواد متماسكة جدا ولاتسمح بتسرب المياه، وتعد من السدود البسيطة الإنشاء والتكاليف، حيث تكون على شكل طبقات من الصخور والتربة، فضلا عن نواة من الطين الصلب في وسطها، كما يتم رصفها بالصخور او اكسائها بطبقة كونكريتية لغرض المحافظة عليها من التعرية والتجوية، ويبنى هذا النوع على الأودية الجافة في المناطق الصحراوية، شكل رقم (7 – 2 أ).

ب – سدود إملائية ركامية.

يشبه النوع السابق في شكل القطاع والمواد التي تستخدم في بناءه، الا انه يختلف عنه في استعمال الصخور ضمن التكوينات، ومن ثم تغطية منحدره من جهة الخزان بالخرسانة الكونكريتية، كما يبنى

حائط من الصخور ترتكز عليه الواجهة غير النفيذة والتي ترتكز بدورها على الجزء الرئيسي من القطاع، شكل رقم (7 – 2 ب).

شكل رقم (7 – 3) انواع السدود الترابية

ثانياً – انواع الخزانات:

ان من انواع الخزانات السائدة ما يأتي:

1– خزانات جانبية:

وهي عبارة عن ارض منخفضة توجد على مقربة من مجاري الانهار الرئيسية، فيتم انشاء نواظم تحويلية تعمل على توجيه المياه الزائدة او وقت الحاجة نحو تلك المنخفضات، والتي يستفاد منها عند الحاجة، ومن الامثلة على ذلك بحيرتي الحبانية على نهر الفرات جنوب مدينة الرمادي والثرثار على نهر دجلة شمال مدينة الفلوجة، وقد كان لتلك الخزانات الدور الفاعل في تخفيف مخاطر الفيضان عند ارتفاع مناسيب المياه في النهرين المذكورين.

2 – خزانات احتجازية:

وهي عبارة عن خزانات ضمن مجاري الانهار، أي تقام على الانهار خزانات احتاجزية وتنظيمية تعمل على حجز المياه امام السد لتغمر مساحة كبيرة من الارض

المحيطة بالمجرى، وتعمل تلك السدود على تنظيم تصريف المياه فيما وراء السد، مثل خزان سد حديثة وخزان سد الموصل وخزان السد العالي.

3 – خزانات السدود الجافة:

تقام على الاودية الجافة سدود احتجازية كتلية صماء غير تنظيمية، تعمل على احتجاز مياه الامطار في بطون الاودية.

المبحث الثاني – مواقع ومواضع السدود والخزانات على الانهار والاودية الجافة.

أولاً – مواقع ومواضع السدود على الانهار:

أ – المواقع الملائمة لانشاء السدود.

يحتاج انشاء السدود والخزانات وتحديد المواقع والمواضع الملائمة لها الى دراسات واسعة ودقيقة في مجالات مختلفة، والتي تتطلب تحري موقعي مثل الوضع الجيولوجي والجيومورفولوجي الهيدرولوجي والبيئي، إذ يتوقف نجاح وفشل السد على مدى دقة تلك المعلومات، ويمكن الاستعانة بخرائط طوبوغرافية للتعرف على الوضع التضاريسي وطبيعة الانحدارات في تلك المنطقة، كما يتم التعرف على نوع التكوينات السطحية وتحت السطحية، ومن خلال تلك المعلومات يمكن تحديد الموقع اللائم الذي يجب ان تتوفر فيه الشروط الآتية:

1) ان يكون الموقع ملائم للخزن، اي حوضي الشكل ومحكم، وذو حجم مناسب لاستيعاب كمية المياه المتوقع خزنها.

2) وجود ممر في الحوض يخترق قاعدته الصخرية الصلبة يساعد على بناء السد فوقه بكلفة اقتصادية مناسبة.

3) يكون الموقع ملائم لانشاء قناة تصريف تحمل المياه الزائدة خارج الخزان عند ارتفاع مناسيبها الى مستوى يفوق طاقة خزنه.

4) توفر مواد اولية تستخدم في بناء السد.

5) التأكد من العمر الزمني للخزان من خلال معرفة كميات الرواسب التي يجلبها النهر سنويا الى الخزان، فكلما كانت كميات كبيرة تؤدي الى تخفيض القدرة الاستيعابية للخزان حتى يصل الى مستوى يكون الخزن فيه محدود وغير مفيد.[3]

6) يفضل ان يكون الخزان في موضع ضيق وعميق للحد من التبخر ونمو الأعشاب والنباتات في الجهات الضحلة منه، كما تقل المساحة التي يشغلها الخزان، حيث يترتب على اتساعها زيادة ملوحة المياه والتعرض الى التبخر ونمو النبات.

7) دراسة نظام التصريف النهري وطبيعة الامطارالساقطة على حوضه لمعرفة نوع الفيضان الذي يشهده والتصريف الاعتيادي، أي التعرف على أعلى موجة فيضان واقل تصريف، ومدى تردد تلك الفيضانات، والتي على ضوءها يتم تحديد نوع السد الملائم بحيث يستوعب أعلى موجة فيضان.[4]

وكذلك الحال في الأودية الجافة فيتم التعرف على النظام المطري واعلى موجات سيل تعرض لها.

8) ان يكون انحدار المجرى في منطقة بناء السد بطيئا، ويفضل ان يكون ميل الطبقات باتجاه المنبع للحد من ضغط المياه على السد، والذي يزداد بزيادة الانحدار، فضلا عن اندفاع الرواسب نحو جسم السد، والتي تزيد من الضغط عليه فتشكل خطرا ينتج عنه أضرار كبيرة.

9) قلة الآثار الناتجة عن قيام السد والتي تتعرض لها المناطق المحيطة به، حيث ينتج عن ارتفاع مناسيب المياه فيه ارتفاع منسوب المياه الجوفية في تلك المناطق، وقد ينتج عن ذلك مشاكل مختلفة يتعرض لها النشاط البشري بانواعه.

10) ان تكون المنافع المتحققة من إقامة السد في الموضع الذي يتم اختياره تفوق الكلف والخسائر المترتبة على ذلك، كغمر مساحات واسعة من الأراضي الزراعية والمدن والقرى والمشاريع والمنشآت المختلفة.

11) تحديد الهدف الأساسي من إقامة السد، لمعرفة مدى ملائمة الموقع له، ففي كثير من الأحيان يرتبط بالسد خزن المياه للتخلص من أخطار الفيضان عند حدوثه وتوليد الطاقة الكهربائية، الا انه في الواقع يوجد تناقض في تحقيق الهدفين، فإذا كان لغرض التخلص من الفيضان فهذا يعني خزن المياه الزائدة عند حدوثه، وتفريغها عند انخفاض المناسيب ليكون جاهزا للموجة القادمة، اما إذا كان لغرض توليد الطاقة الكهربائية فيجب الحفاظ على اكبر كمية من المياه في الخزان في منسوب قادر على تدوير التوربينات التي تحتاج الى قوة مياه كبيرة تندفع من مستوى عال، وعليه يفضل إقامة مثل تلك المحطات على روافد الانهار وعدم أقامتها على الانهار الرئيسية.

ب – المواضع الملائمة لانشاء السدود.

بعد اختيار المواضع الملائم لانشاء السدود والخزانات وفق الشروط المارة الذكر يجري البحث عن افضل موضع مناسب لاقامة السد وخزن المياه ضمن الموقع الذي تم اختياره، وربما تكون المنطقة غير صالحة لاقامة السد وخزن المياه لما يترتب على ذلك من مشاكل حاضرا او مستقبلا، ولكل من السد والخزان شروط معينة تختلف في النوع والبيئة، فالسد يحتاج الى مساحة محددة ذات خصائص محددة

ضمن مجرى النهر وواديه، في حين يحتاج الخزان مساحة واسعة من الأراضي الواقعة على جانبي مجرى النهر إذا كان الخزان ضمن وادي النهر، والتي تكون ضمن مواصفات معينة.

ان اختيار الموضع المناسب لبناء السد يحتاج الى دراسة دقيقة وشاملة، وأي خطأ في تلك المعلومات ستكون نتائجها وخيمة وربما تكون سببا في انهيار السد وما ينتج عنه من خسائر مادية وبشرية.

ومن الجوانب المهمة التي تحتاج الى دراسة مستفيضة ما يأتي:

أ – جيولوجية الموضع:

تعد نوعية الصخور التي يقام فوقها السد الذي يتكون من كتلة كونكريتية ثقيلة الوزن من الجوانب المهمة التي يجب مراعاتها عند اختيار الموضع المناسب، حيث تختلف الصخور في خصائصها الكيميائية والفيزيائية وصلابتها وقوة تحملها، وميل الطبقات واسطح التطبيق وما تتضمنه من طيات وصدوع وفواصل وتشققات، والتي تؤثر جميعها على إقامة السد، وتعد الصخور الجرانيتية والنايس من افضل انواع تلك الصخور ملائمة لبناء السدود الكبيرة، في حين تعد صخور الطفل والجيرية غير ملائمة لقلة صلابتها وقابليتها على الذوبان بالماء.

اما الصخور التي تتضمن تراكيب ثانوية من طيات وكسور وصدوع وفواصل فهي الأخرى غير صالحة لاقامة السدود لماينتج عنها من مخاطر لانها تسمح للمياه بالتسرب من تحت السد فتؤثر على استقراريته، اذ يترتب على تسربها عمليات تعرية وتجوية تعمل على توسيع تلك الممرات المائية الصغيرة بمرور الزمن، ومن ثم زيادة كمية المياه المتسربة والتي ينشط عملها وربما تسبب انهيار السد، وكانت هذه أحد الأسباب التي ادت الى انهيار سد بلدودين في جنوب كاليفورنيا سنة 1963، حيث

ادت المياه المتسربة عبر الشقوق الى حدوث انزلا قات في تلك الشقوق زادت من توسعها وحولتها الى مسارات لتسرب المياه بكميات كبيرة، فازداد عملها الجيومورفولوجي فقلل من صلابة تلك الصخور وقوة تحملها فيتعرض السد الى الانهيار، وهي نفس الأسباب التي ادت الى انهيار سد زيزون على نهر العاصي في سوريا في حزيران 2002، والذي تسبب في وفاة اكثر من 20 شخص وتدميراكثر من مائة دار سكنية والعديد من المنشآت والمشاريع والأراضي الزراعية، وعليه في حالة الاضطرار الى إقامة السد فوق مثل تلك المواضع لابد ان تكون في وضع مواز لخطوط الانكسارات.[5]

وفي حالة وجود تكوينات هشة او ضعيفة فوق صخور القاعدة الصلبة فيجب أزالتها من موضع السد لكي يرتكز على الصخور الصلبة.

ومن الجوانب الأخرى التي تؤثر على السد تعاقب تكوينات صلبة وضعيفة اوهشة، والتي تسهل عملية تسرب المياه من خلالها ومن ثم تعرضها الى عمليات التجوية والتعرية فتبقى الصلبة معلقة لإزالة التي تحتها، وعند إقامة السد فوقها يتعرض الى الهبوط، اوعند حفر خندق بالقرب منها فيؤدي الى انزلاقها بسبب ثقل السد؛ وقد تساعد المياه المتسربة الى تسهيل عملية انزلاق الطبقات الصلبة التي تعلو الهشة لاضعاف تماسكها.

كما تؤثر على السدود الصخور المتحولة التي تكون متورقة سهلة الانزلاق لذا يفضل عدم قطعها باتجاه مجرى النهر، لانه يسهل تسرب المياه الى داخل الطبقات الصخرية فيقلل من قوتها فيسبب مشاكل للسد، ويفضل قطع تلك الصخور بشكل موازي للسد.[6]

ولمعالجة التسرب الذي يحدث تحت بعض السدود تتبع الإجراءات الآتية:

1) حفر خنادق عميقة أمام السد وتملأ بمواد تمنع التسرب، اوحقن المنطقة التي تتعرض الى التسرب بمادة أسمنتية او إسفلتية إذا كانت محدودة المساحة.

2) حفر خنادق وراء السد تقوم بتصريف المياه المتسربة من تحت السد الى النهر.

3) إقامة ستائر او حواجز عمودية تحت السد والخزان على شكل جدران مستعرضة او ركائز من الأسمنت اوالقير.[7]

ب – منسوب المياه الجوفية.

يؤدي وجود المياه الجوفية بمناسيب مرتفعة في التكوينات من تربة وصخور الى حدوث انزلا قات وهبوط، وقد تحدث تلك العمليات عند ارتفاع وانخفاض مناسيب المياه بشكل مفاجئ، وكان ذلك من الأسباب التي ادت الى انهيار سد فايونت في إيطاليا عام 1963، والذي يعد من أسوء كوارث انهيار السدود في العالم لما نتج عنه من خسائر بشرية ومادية ذهب ضحيتها 2600 شخص.[8]

ج – الضغط المسلط على السد.

يتعرض السد الى ضغط من مصادر مختلفة منها مايأتي:

1) قوة ناتجة عن وزن كتلة السد.

2) قوة ضغط المياه أمام السد والتي يزداد ضغطها مع زيادة انحدار ارض الخزان نحو السد.

3) قوة ضغط الترسبات التي تجلبها المياه وتترسب اكبر كمية منها عند السد.

4) قوة ضغط الثلوج في المناطق الباردة، والتي تكون اكبر من قوة ضغط المياه.

5) ضغط ناتج عن الزلازل والبراكين والحركات الارضية البطيئة.

6) ضغط ناتج عن المياه المتسربة من اسفل وجوانب السد.[9]

د- المناخ السائد في موقع السد.

يؤثر المناخ على السد وخاصة عندما يكون التطرف الحراري كبيرا ، إذ تعمل الحرارة في ارتفاعها وانخفاضها على أحداث تشققات في جسم السد وخاصة الجهة الأمامية منه، وتزداد مخاطر ذلك عندما تسهم الحرارة المنبعثة من باطن الارض التي يقع فوقها السد في انتشار الشقوق في اسفل السد فتسمح بتسرب المياه الى جسم السد فتعمل على إذابة وتأكل بعض المواد التي يتكون منها فتقلل من قوته ومتانته ، فضلا عن التأثير الناتج عن التساقط بانواعه.

وقد تتظافر عدة عوامل في التأثير على السد فتؤدي الى انهياره، وهذا ما حدث لسد كولوميت المشيد على نهر بالموكويك والذي انهار عام 1972 فتسبب في تدمير 4000 دار سكنية ومقتل 118 شخصا مع خسائر مادية بلغت 55 مليون دولار ، عندما تعرض الى موجة فيضان عالية بلغت 6م وبسرعة 8كم/ ساعة نتيجة لسقوط الامطار وذوبان الثلوج، كما كان السد ذو خصائص سيئة منها ما يأتي:

1) انخفاض الطاقة الاستيعابية للخزان أمام السد.

2) عدم وجود قناة لتصريف المياه الزائدة عن طاقة السد.

3) تسرب كميات كبيرة من المياه اسفل السد والتي أضعفت استقراريته.

4) تشبع جسم السد بالماء مما يؤدى الى قلة تماسك مكوناته واضعاف قوته ومتانته.

5) قلة تماسك مكونات السد الحاوية على تربة عضوية(فحمية) وطينية وطفل والتي تحولت الى مادة طينية غير متماسكة عند تشبعها بالماء.[10]

ثانياً – مواضع الخزانات.

ان اختيار الموضع الملائم للخزان يتطلب مراعاة ما يأتي:

أ – الوضع الطوبوغرافي.

ان خزن المياه يحتاج الى منطقة حوضية الشكل تحيط بها حافات مرتفعة من معظم جهاتها ، وتكون ذات انحدارات معتدلة للحد من حدوث انهيارات وانزلا قات وهبوط وتدفق طيني، وعمليات تعرية وتجوية في تلك الحافات تنعكس أثارها على خزن المياه، كما تحدد المواضع المنخفضة والاودية التي تحتاج الى انشاء سداد ترابية على ارتفاع لا يسمح للمياه بعبورها عند أقصى طاقة استيعابية للخزان، كما يمنع انتشار المياه على مساحة واسعة خارج المنطقة المرشحة للخزن، ويمكن ازالة بعض المناطق الضحلة لغرض زيادة عمق مياه الخزان ورفع طاقته الاستيعابية.

وتعد المناطق الخالية من التضاريس المرتفعة كالتلال والهضاب من افضل المناطق لخزن المياه، فقد يؤدي وجودها الى تقليل القدرة الاستيعابية للخزان، وتساعد على زيادة الترسيب في قاعه، وتكون تلك المظاهر اقل أهمية عندما تكون مواقعها عند أطراف الخزان.

كما تفضل المناطق التي تكون على مستوى منخفض عن المناطق المحيطة بها وذلك لما يترتب على ارتفاع مناسيب المياه في الخزان من اثار سلبية على الأراضي المجاورة بسبب تعرضها إلى ظاهرة النزيز(تسرب المياه الجوفية) وما ينتج عن ذلك من اثار على الزراعة والعمران، خاصة إذا لم تتوفر مشاريع بزل تعمل على نقل تلك المياه الى الانهار والمنخفضات القريبة، وهذا ما حدث في العراق، حيث تعرضت المناطق الواقعة شمال بحيرة الحبانية الى تلك الظاهرة فتحولت الأراضي الزراعية الى ملحية، واضطر معظم سكان المنطقة الى السكن عند حافة الهضبة القريبة.

ب – التكوينات السطحية وتحت السطحية.

تؤثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتكوينات السطحية وتحت السطحية على طبيعة خزن المياه، وتمثل أسطح انفصال تلك التكوينات منطقة ضعف ترتكز فيها عمليات التجوية والإذابة لاختلاف خصائصهما الطبيعية، والتي ينتج عنها تسرب المياه او الاحتفاظ بها، ولزيادة الإيضاح سيتم تناول تلك التكوينات كل على حده:

1 – التكوينات السطحية:

تتباين التكوينات السطحية من مكان لاخر، وحتى ضمن الموقع الواحد الذي يتم اختياره لخزن المياه يكون بعضها صماء وغير نفيذة وفي جهة اخرى هشة وشديدة النفاذية، كالتربة الرملية والحصوية والعضوية، او تتكون من صخور تتضمن تراكيب ثانوية على نطاق واسع كالشقوق والفواصل، حيث تساعد مثل تلك التكوينات على تسرب كميات كبيرة من المياه المخزونة الى باطن الارض، ويكون للتركيب الكيميائي أثرا كبيرا على نوعية المياه نتيجة لتحلل وذوبان بعض المعادن والتي تحدث تغيرا في خصائص المياه، خاصة اذا كانت مركبات حامضية او فحمية فتسبب تلوث المياه، لذا يجب معالجة هذه الحالات اذا كانت محدودة المساحة والسمك، اما بإزالتها او طمرها بطبقة من الطين او الحصى او الرمل بسمك لايقل عن 50 سم.[11]

اما اذا كانت طبقة سميكة وواسعة الانتشار يفضل ترك المنطقة والبحث عن بديل افضل.

كما تكون نفاذية تلك التكوينات من المشاكل التي تواجه عملية خزن المياه عندما تكون عالية لانها ستسمح بتسرب كميات كبيرة منها الى باطن الارض،

وإذا كانت على نطاق محدود تعمل الرواسب التي تجلبها مياه النهر على ملء تلك المسامات والشقوق، وتتكون طبقة من الرواسب تحد من كمية المياه المتسربة.

وفي حالة وجود طبقة من الصخور الجيرية ذات مسامية ونفاذية عالية فيمكن معالجتها من خلال تغطيتها بطبقة من تكوينات غير نفيذة، او حقنها بمواد تزيد من تماسكها وتقلل من نفاذيتها.

2 – التكوينات تحت السطحية:

تعد تلك التكوينات ذات أهمية كبيرة في اختيار المواضع الملائمة لخزن المياه، ولاتقل أهميتها عن السطحية، حيث يتأثر خزن المياه بخصائصها من حيث الصلابة والتركيب المعدني والنفاذية، ففي حالة وجود صخور جيرية اوجبسية اوملحية سيترتب عليها مشاكل عديدة خاصة اذا كانت على نطاق واسع ويصعب معالجتها، لانها تعمل على تسرب كميات كبيرة من المياه وتسهم في زيادة ملوحتها، وهذا ما حدث في خزان مكملان في الولايات المتحدة والذي كان السبب في فشل المشروع بسبب تسرب المياه المخزونة.

وعليه ان التكوينات السطحية وتحت السطحية تعمل بشكل متضامن وقد تكون تحت السطحية اكثر أهمية اذا كانت السطحية طبقة غير سميكة ونفيذة والتي تحتها سميكة وغير نفيذة.

ومن الجوانب المهمة الأخرى التي تؤخذ بالاعتبار القنوات النهرية المدفونة والمملؤة بالرواسب الضعيفة التماسك، والتي ستتعرض الى الإذابة بمرور الزمن فينتج عنها شقوق كبيرة تعمل على تسرب كميات كبيرة من المياه، وكذلك الحال عند وجود فوالق كبيرة مطمورة.[12]

ج – انحدار السطح وميل الطبقات.

تعد المناطق المعتدلة الانحدار من افضل المواضع الملائمة للخزانات لانها تعمل على تخفيض سرعة جريان المياه نحو السد ، وتزداد محاسن ذلك عندما يتوافق معها ميل الطبقات ويكون باتجاه المنبع أي معاكس لاتجاه الجريان، والتي تسهم في تخفيف الضغط على السد وزيادة كمية المياه المخزونة لارتفاع مناسيبها أمام السد دون ان تشكل خطرا عليه.

المبحث الثالث – مشاكل السدود والخزانات المقامة على مجاري الانهار الرئيسية والاجراءات المناسبة لمواجهتها.

أولاً – المشاكل.

ان الغرض الرئيسي من انشاء السدود والخزانات على مجاري الانهار للسيطرة على الفيضانات والتخلص من أثارها وأخطارها في المناطق الواقعة بعد السد ، والاستفادة من المياه المخزونة في مجالات عدة مثل أعادتها في أوقات شحه المياه الى النهر لتأمين سد حاجة الانشطة المختلفة من المياه، او تستغل في توليد الطاقة الكهربائية وتربية الأسماك ومرافق سياحية وغيرها من المنافع، وهذا ما جعل الدول تتسابق في إقامة السدود على الانهار المارة عبر أراضيها لتحقيق تلك المكاسب دون الاكتراث الى ما سينتج عن ذلك من مشاكل، خاصة على الانهار الرئيسية والتي قد تفوق المكاسب المتحققة من مشروع السد ، ومنها ما يأتي:

1 – تغير شكل المجرى بعد السد.

يعمل السد على حجز المياه أمامه وينظم كمية تصريفها ، فيتغير نظام الجريان بعده والذي تنعكس أثاره على العمل النهري من تعرية وار ساب ونقل،

والتي يزداد نشاطها مع ارتفاع كمية التصريف، لذا تنشط في مواسم الفيضان ويقل نشاطها بانخفاض المناسيب، وبما ان السد يتحكم بكمية المياه المنصرفة بعده والتي تكون بكميات متقاربة في كل المواسم تقريبا لذا يضعف العمل النهري فانعكست أثاره على شكل المجرى، فقد تكون المياه سريعة الجريان في بداية تدفقها من السد الانها تنخفض بالابتعاد عنه، ويتحكم بذلك عوامل اخرى مثل درجة الانحدار وسعة المجرى وكمية المياه ووجود المنعطفات، وينتج عن انخفاض السرعة ترسيب ما تحمله تلك المياه من رواسب وبشكل تدريجي الخشنة والمتوسطة والناعمة التي تستمر لمسافة اطول لخفة وزنها، وقد اسهم ذلك في رفع قاع النهر بمرور الزمن وظهور الجزر على نطاق واسع لعدم قدرة المياه الجارية في النهر على تعرية تلك الرواسب كما كان في السابق قبل ان يتدخل الانسان في شؤون النهر، حيث كانت تظهر الجزر في مواسم انخفاض المناسيب وتختفي عند ارتفاعها لزيادة سرعة الجريان فينشط العمل النهري.

وعليه أسهمت السدود في استقرار الجزر في مجاري الانهار بعد السد، وساعد نمو النباتات فوقها في تثبيتها، حيث تعمل جذورها على تماسك تربتها في حين تعمل سيقانها على تخفيض سرعة جريان المياه عند ارتفاع مناسيبها ومرورها من فوق الجزر، فادى ذلك الى ترسيب ما تحمله تلك المياه فوق الجزر وحولها فتتسع مساحاتها وترتفع مستوياتها، لذا تتخذ الجزر أشكالا متنوعة دائرية أو مغزلية او طولية، وقد تمتد بشكل متوالي في المجرى او شكل متوازي فيتحول الى مجار صغيرة، أي جدائلي او ضفائري، وقد لا يبقى شكل الجزر ثابتا بل في تغير مستمر تحت تأثير عمليات التعرية والارساب، ومساحتها هي الأخرى غير ثابتة، فالجزر التي تتعرض الى عمليات تعرية مع قلة الارساب تقل مساحتها والجزر التي تتعرض الى

عمليات ترسيب عالية مع تعرية محدودة تتسع مساحتها ، اما التي تتعرض الى عمليتي ارساب وتعرية متوازنة فتحافظ على مساحتها مع تغيرات محدودة زيادة أو نقصان.

وقد يؤدي الترسيب المستمر الى التحام بعض الجزر بالضفة القريبة منها فتعمل على انعطاف النهر في تلك المنطقة ، كما تعمل الجزرعلى تركز التعرية في جهة والارساب في جهة اخرى، فيسبب ذلك تغير في شكل المجرى من حيث الانعطاف وتقدم وتراجع الضفاف وكثرة الجزر فيتغير المظهر العام للمجرى، أي يمر بمراحل مورفولوجية متنوعة من فترة لأخرى.

2 – ارتفاع نسبة ملوحة المياه.

يؤدي حجز المياه أمام السد الى انتشارها على مساحة واسعة من الارض المحيطة بالمجرى والتي تتباين في تركيبها المعدني، إذ يحتوي بعضها على معادن لها القابلية على الذوبان بالماء والتي تسهم في زيادة نسبة الملوحة في المياه المخزونة كما يعمل التبخر أيضا على زيادة تلك النسبة ، حيث يرتبط ذلك بسعة الخزان وطبيعة المناخ السائد ، لهذا تنتشر تلك الظاهرة في الخزانات الواقعة في المناطق الجافة ، كما هو الحال في انهار النيل والفرات ودجلة وغيرها ، وقد أظهرت الدراسات ان نسبة الملوحة في نهر الفرات بعد السد ارتفعت الى ثلاثة اضعاف ما كانت عليه قبل انشاء السد ، ويظهر ذلك واضحا من خلال المقارنة بين نسبة الملوحة قبل أقامته عام 1985 وبعدها عام 1993 وفي 15 /4 من تلك السنتين، جدول رقم (7 – 1) فقد ارتفعت درجة التوصيل الكهربائي من 666 الى 1540 مليموز، والأملاح الذائبة من 440 جزء بالمليون الى 1218 ، والكالسيوم من 48 جزء بالمليون الى 136 ، والكبريتات من 173 جزء بالمليون الى 342، والعسرة الكلية من 295 جزء بالمليون الى 592.[13]

جدول رقم (7 – 1) مقارنة نسبة الملوحة في نهر الفرات بين عامي 1985 1993

عند سدة الرمادي بتاريخ 4/15 من تلك السنتين

التوصيل الكهربائي EXC (مليموز)		أملاح ذائبة T. S. S (جزء) بالمليون		كالسيوم Ca (جزء) بالمليون		مغنيسيوم Mg (جزء) بالمليون		كلوريدات CL (جزء) بالمليون		كبريتات So4 (جزء) بالمليون		عسرة كلية T. H (جزء) بالمليون	
1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993
666	1540	440	1218	48	136	12	68	86	244	173	342	295	592

وتعد هذه الظاهرة ذات مخاطر واثار سيئة على الانسان ونشاطاته المختلفة ومنها ما يأتي:

أ. التأثير على صحة الانسان، خاصة وان الأملاح مادة ذائبة في الماء ولا تترسب مثل المواد العالقة.

ب. زيادة نسبة تركز الملوحة في التربة التي تسقى بتلك المياه فتعمل على تخفيض إنتاجيتها وبشكل يتناسب عكسيا، تزداد الملوحة يقل الإنتاج.

ج. تساعد الملوحة على سرعة نمو بعض النباتات الطبيعية، لذا تنتشر بسرعة في المناطق الواقعة بعد السد مثل القصب والبردي اللذين يمثلان أهم مشكلة تعرقل عمل مشاريع البزل لنموها بكثافة عالية وبسرعة في تلك القنوات.

د. تعمل على تأكل الآلات والمعدات التي تستخدم تلك المياه، مثل أجهزة التكييف وخزانات المياه والأنابيب المدفونة.

3 – حجز الرواسب أمام السد.

تعمل السدود على حجز كميات كبيرة من الرواسب التي تحملها مياه النهر الى الخزان، وعدم السماح الا لنسبة قليلة جدا منها بالانتقال الى ما بعد السد مع المياه المنصرفة، فعلى سبيل المثال كانت كمية الرواسب التي تحملها مياه نهر النيل حوالي 125 مليون طن متري عند سد أسوان، و 98٪ منها خلال موسم الفيضان، الا ان ما يخرج منها بعد السد فقط حوالي 2.5 مليون طن أي 2٪ من كمية الرواسب التي كانت تعمل على تحسين تربة وادي نهر النيل ودلتاه من خلال ما تضيفه من تربة خصبة تحسن خصائصها بشكل مستمر فتزيد من قدرتها الإنتاجية، ولغرض التعويض عن ذلك استخدم المزارعون الأسمدة الكيميائية لتعويض النقص في بعض العناصر مثل النتروجين والفوسفات.

كما اثر ذلك على الدلتا التي كنت تتوسع ويرتفع مستواها بسبب تلك الرواسب، الاانها بعد انشاء السد أخذت بالتراجع أمام أمواج البحر بشكل واضح لضعف تماسك تكويناتها وعدم وصول كمية رواسب تعوض النقص الناتج عن التعرية.[14] وكذلك الحال في نهر الفرات فقد بلغت كمية الرواسب التي تصل الى سد حديثه حوالي 21 مليون طن سنويا، ما يخرج منها بعد السد اقل من 2مليون طن سنويا.

وقد نتج عن ذلك اثار سلبية متنوعة منها ما يأتي:

أ. يؤدي تجمع الرواسب أمام السد على ارض الخزان الى رفع مستوى قاع الخزان، فتقلل من طاقته الاستيعابية ومن عمره الزمني لانها تشغل جزء كبير من مساحته.

ب. حرمان ملايين الهكتارات من الأراضي الزراعية من تلك الرواسب التي تعمل على تحسين خصوبة التربة لما تحتويه من عناصر ومعادن تؤدي الى زيادة الإنتاج، كما تعمل تلك الرواسب على طمر الأعشاب والحشرات الضارة والتخلص من أثارها ، لذلك لا تحتاج تلك الأراضي الى أسمدة ومبيدات قبل وجود السدود ، والتي تكون أضرارها على الانسان والبيئة تفوق منافعها ، وكان من نتائج استخدام الأسمدة الكيميائية ارتفاع نسبة الملوحة في التربة.

ويمكن استخدام الرواسب في رفع مستوى المناطق المنخفضة الواقعة قرب مجاري الانهار من خلال غمرها بالمياه المحملة بالرواسب في مواسم الفيضان وبصورة متكررة، فتضيف في كل مرة طبقة من الرواسب حتى يصل مستوى تلك الارض الى مستوى الارض المحيطة بها ، وتستخدم تلك الطريقة في طمر البحيرات الهلالية.[15]

4 – نمو النباتات الغريبة.

أدى بناء السدود الى توفير بيئة ملائمة لنمو النباتات الطبيعية المألوفة وغير المألوفة، حيث انتشرت انواع من النباتات غير معروفة قبل قيام السدود، والتي تكاثرت عند أطراف خزانات المياه ومن ثم انتقلت بذورها الى المناطق الواقعة بعد السد فنمت فوق الضفاف والجزر وانتقلت الى الأراضي الزراعية فأثرت على الإنتاج الزراعي من خلال نموها وانتشارها بشكل كثيف، بحيث لاتسمح للمحاصيل الزراعية بالنمو، وحتى اذا نمت ستكون ضعيفة لعدم حصولها على العناصر التي تحتاجها من التربة، وذلك لاستحواذ النباتات الغريبة عليها، كما إنها تؤثر على الزراعة من خلال التفافها وتسلقها على النبات وتتغذى منه، وقد كان لذلك مردودات سلبية على النشاط الاقتصادي والتي سببتها السدود، شكل رقم (7 – 4) صورة توضح كثافة النباتات فوق جزر وضفاف نهر الفرات بعد سد حديثة في محافظة الانبار.

شكل رقم (7 – 4)صورة توضح كثافة النباتات فوق جزر وضفاف نهر الفرات بعد سد حديثة في محافظة الانبار.



5 – انخفاض الطاقة الاستيعابية للنهر.

ان من نتائج التحكم في تصريف المياه بعد السد تجمع الرواسب في قاع المجرى، وتكون الجزر على نطاق واسع فتحولت مجاري الانهار الى قنوات صغيرة تمر من بين تلك الجزر، فنتج عن ذلك انخفاض الطاقة الاستيعابية للقناة عند حدوث الفيضانات، ومن ثم ارتفاع مناسيب المياه الى مستوى يعلو الأراضي السهلية المجاورة، فتتعرض تلك الأراضي الى ظاهرة النزيز التي تؤدي الى تدمير المنشآت والأبنية والطرق وقنوات الري الواقعة تحت تأثيرها.

6 – التأثير على محطات الري.

تقام مشاريع الري عند ضفاف الانهار لسحب المياه من النهر وضخها نحو الأراضي الزراعية، ويتم حفر أحواض صغيرة أمامها مرتبطة بمياه النهر، وفي بعض الأحيان يتم حفر قناة طويلة اذا كانت المياه بعيدة عن الضفة التي تقع عليها المحطة،

فعند تجمع الترسبات وتكون الجزر أمام تلك المحطات تحول دون وصول المياه أليها ، كما تعمل تلك الجزر على تحويل المجرى الى قنوات صغيرة ، وبعضها يقع مباشرة عند بداية القناة التي تغذي محطة الري، فتمنع وصول المياه بكميات كافية لتشغيل المحطة ، وهذا ماحدث على نهر الفرات شرق مدينة هيت في منطقة زنكوره، حيث عملت الرواسب على ظهور جزرة كبيرة حالت دون وصول المياه الى محطة الضخ، شكل رقم (7 – 5) يبين الجزرة التي ظهرت امام محطة ضخ المياه، وفي كل الحالات المعالجة مكلفة ، والمشكلة تبقى مستمرة ، فقد تتطلب بعض الحالات نقل المحطة او شق قناة طويلة لتأمين وصول المياه اليها ، والتي تهددها الرواسب بالطمر ويجب كريها بشكل مستمر.

شكل رقم (7 – 5) يبين الجزرة التي ظهرت امام محطة ضخ المياه



7 – عدم صلاحية المجرى للملاحة.

ان قلة تصريف المياه بعد السد وانخفاض مناسيبها مع ارتفاع مستوى قاع النهر وكثرة الجزر وتحوله الى قنوات صغيرة تحول دون الملاحة في تلك الانهار، وحتى السد نفسه يشكل عائقا أمام استمرارها بين المناطق الواقعة قبل وبعد السد، وكما هو واضح في الصور السابقة.

8 – **نمو الطحالب.**

تعد الخزانات بيئة مناسبة لنمو الطحالب التي تحتاج الى مياه راكدة وضحلة لذا انتشرت على نطاق واسع عند أطرافها والتي تسبب الكثير من المشاكل منها تغيرلون المياه نحو الاخضرار، كما أنها تنتقل مع المياه الخارجة من السد الى المناطق الواقعة بعده فتستقر في المياه الراكدة قرب الضفاف والجزر وأحواض محطات الري ومياه الشرب، وتنمو في تلك المواقع بكثرة فتغطي انابيب المحطات ومصافيها الواقعة في الماء فتقلل من كفاءة عملها، وربما تؤدي الى توقفها، وعليه يجب تنظيفها بين فترة واخرى لضمان استمرار عملها.

9 – **التأثير على صحة الانسان.**

تؤدي السدود والخزانات ونظم الري الى حدوث ظواهر سلبية ذات مخاطر كبيرة على صحة الانسان، والتي لا يستطيع مخطط المشروع من التكهن بها، وهذا ما أظهرته العديد من الدراسات بان بعض تلك المشاريع كانت سببا في ارتفاع نسبة الإصابة ببعض الأمراض، فعلى سبيل المثال ما حدث في نهر السنغال الذي أقيمت عليه عدة مشاريع كانت السبب في انتشار أمراض البلهاريزيا وحمى الوادي والملاريا، اذ وفرت الخزانات بيئة مناسبة لعيش البعوض الناقل للمرض، فضلا عن أمراض الكوليرا والإسهال.[16]

10 – **تغير طعم المياه.**

أن من نتائج حجز المياه تغير طعمها ولونها بسبب زيادة نسبة الأملاح والمعادن والعناصر التي تذوب فيها، كما تعمل الخزانات على حجز مخلفات الأشجار والنباتات المختلفة والحيوانات الميتة والتي تستقر قرب الشواطئ الضحلة، فتتعرض

الى التحلل والتفسخ فينتج عنها روائح كريهة تنعكس أثارها على طعم تلك المياه، فضلا عما ينتج عنها من تلوث يؤثر على صحة الانسان.

11 – ارتفاع نسبة التلوث في مياه النهر اسفل السد.

يعتمد سكان المناطق القريبة من مجاري الانهار في التخلص من مياه الصرف الصحي والمصانع بتوجيهها نحو الانهار، والتي تنقلها بدورها الى البحار التي تصب فيها، وبمرور الزمن يزداد عدد السكان وتزداد كمية تلك المياه الملوثة التي تحتاج الى انهار ذات تصاريف عالية لاستيعابها، في حين الذي يحدث العكس، حيث عملت السدود على تخفيض كمية المياه في الانهار التي تقام عليها فقلل من قدرتها على نقل تلك المواد، مما أدى الى ارتفاع نسبة الملوثات في مياه الانهار وزادت نسبة تركز بعض العناصر مثل النتروجين والفسفور والمواد العضوية فادت الى نمو الطحالب وموت بعض النباتات المائية التي كانت تحافظ على التوازن في بيئة الانهار، لانها تأخذ ثاني أو كسيد الكاربون وتطرح الأوكسجين، والذي ادت قلته في الماء الى موت الأسماك والأحياء المائية المختلفة.

12 – التأثير على بيئة البحار.

تؤثر الانهار على بيئة البحار التي تصب فيها لانها تمثل المصدر الأساسي لمياه تلك البحار، كما يرتبط بها نوع الإحياء التي تعيش فيها، والمثال على ذلك بحر ارال في أسيا الوسطى الذي تعرض الى انخفاض مناسيب المياه الى نصف ما كانت عليه، وكان يمثل أحد البحار الكبيرة في العالم، الا ان إقامة السدود على الانهار التي تصب فيه(اموداريا وسريداريا) والتي ادت الى تحويل حوالي 90٪ من المياه التي كانت تصل الى البحر، فأدى ذلك الى ارتفاع نسبة الملوحة الى ثلاثة اضعاف ما كانت عليه، فتسبب ذلك في اختفاء حوالي 20 نوع من الأسماك التي كانت تعيش

في البحر، كما انحسرت المياه عن مساحة واسعة منه تقدر بحوالي 36 ألف كم^2 فتحولت الى ارض جرداء تجوبها العواصف الرملية والترابية ذات الملوحة الشديدة والتي تنقلها الرياح الى مسافات طويلة تصل مئات الكيلومترات والتي تؤثر على الانسان والنبات والحيوان وخاصة المناطق التي تقع في مهب الرياح القادمة من تلك المنطقة.[17]

13 – تدني إنتاج الرز.

ان من نتائج إقامة السدود على الانهار الرئيسية تدني الإنتاج بصورة عامة للأسباب التي مر ذكرها، ويظهر بشكل متميز في إنتاج الرز الذي يعتمد على المواد الطينية والغرينية التي تجلبها مياه الانهار في مواسم الفيضان، وترسبها فوق السهول والمناطق المنخفضة والدلتوات التي تغمرها المياه، والتي لم تعد موجودة بعد اقامة السدود وحجزها أمامها، وهذا ما عانت منه عدة دول مثل كمبوديا والعراق ومصر وغيرها.

14 – التأثير على حركة الاسماك.

تتحرك الاسماك من مكان لاخر ضمن مجاري الانهار، وقد تكون موسمية، حيث تتخذ الاسماك المواقع الآمنة عند تكاثرها، لذا تهاجر اليه في ذلك الموسم، وبعد اقامة السدود حالت دون انتقالها الى تلك المواقع.

15 – الاثار الاجتماعية والاقتصادية.

ينتج عن اقامة السدود اثار اقتصادية واجتماعية متعددة، فمن الاثار الاجتماعية هي تهجير أعداد كبيرة من السكان سواء الذين تتعرض أماكن أقامتهم للغمر قبل السد او لشحه المياه بعد السد، وهذا يقضي على التآلف

الاجتماعي الذي كان قائما ، خاصة اذا لم توفر لهم مساكن بديلة في مكان واحد ، حيث يتوجه معظمهم نحو المدن القريبة ، والتي تواجه مشاكل كثيرة في سبيل توفير متطلبات الحياة الحضرية وفق المعايير المتبعة ، وفي حالة عدم القدرة على ذلك سيشكلون ضغطا كبيرا على خدمات السكان الأصليين ، وتبدأ الظواهر السلبية بالظهور ، من مناطق سكنية عشوائية وبطالة وسلوك منحرف وغيرها.

16 – المخاطر الناتجة عن انهيار السدود:

ان تعرض بعض السدود المقامة على مجاري الانهار الى الانهيار لاسباب مختلفة تكون اثارها كبيرة ووخيمة ، حيث ينتج عن انهيارها كوارث كبيرة لاينجو منها من يسكن بعد تلك السدود ، والشواهد كثيرة ، ومنها في البلاد العربية انهيار سد زيزون في سوريا في 2002/6/4 وما خلفه من دمار وخراب في القرى التي تقع اسفل السد في محافظة حماة ، وكذلك ماحدث في روسيا سنة 2009 حيث انهار سد شرق روسيا ، وانهيار سد في اندونيسيا سنة 2009 ، كما انهار سد في الصين بتاريخ 2010/6/13 ، والذي تسبب في خسائر مادية وبشرية كبيرة ، والشواهد كثيرة على ذلك ، لذا يحتاج بناء السدود الى اعادة النظر في اقامتها واختيار المواضع المناسبة الاكثر امانا

ثانياً – الإجراءات المناسبة للحد من اثار السدود والخزانات.

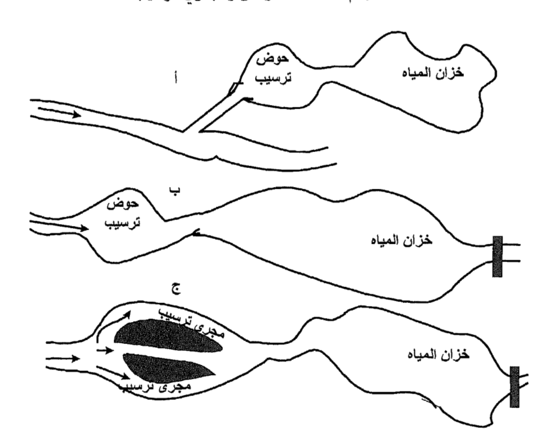
1) تحديد الغرض الرئيسي من انشاء السد لخزن المياه أم توليد الطاقة الكهربائية ، لاتخاذ الإجراءات المناسبة لكل منهما ، حيث يوجد تناقض فيما يجب ان تكون عليه مناسيب المياه ، إذ يحتاج الخزن الى مناسيب منخفضة في الخزان لاستيعاب موجة الفيضان ، في حين يحتاج توليد الطاقة مناسيب مرتفعة

لتولد ضغط كبير يعمل على تدوير التوربينات، ويفضل اقامة السدود الخاصة بتوليد الطاقة والخزن على الروافد الكبيرة التي تصب في الانهار الرئيسية.

2) عدم إقامة السدود والخزانات على مجاري الأنهار الرئيسية لكثرة المشاكل المرافقة لها، كما مر ذكرها، وفي الضرورة يفضل أن تكون الخزانات جانبية، خاصة إذا توفرت منخفضات طبيعية مثل منخفضي الحبانية والثرثار في العراق، وفي حالة عدم توفرها يمكن عمل خزانات اصطناعية من خلال حفر مساحة واسعة من الأراضي في مواقع ومواضع ملائمة لذلك، والتي يمكن التحكم بعمقها وسعتها حسب الحاجة.

3) الحد من كمية الرواسب الداخلة الى الخزانات والتي تقلل من طاقتها الاستيعابية، وبالتالي يقل عمرها الزمني، فمن خلال عمل أحواض ترسيب اولية قبل وصول المياه الى الخزان اذا كان موقعه جانبي، شكل رقم (7 – 6 أ)، وفي حالة وقوع الخزان ضمن مجرى النهر فيمكن توسيع المجرى قبل الخزان فيؤدي ذلك الى تخفيض سرعة الجريان ومن ثم ترسيب كمية كبيرة من الرواسب التي تحملها مياه النهر قبل الخزان، شكل رقم (7 – 6 ب)، اوعمل مجاري جانبية تخرج من المجرى الرئيسي وتعود اليه مرة اخرى قبل الخزان، وتكون واسعة وعلى مستوى يعلو منسوب المياه الاعتيادي بحيث يكون عملها أوقات ارتفاع مناسيب المياه، أي عند حدوث الفيضانات التي يرافقها كميات كبيرة من الرواسب فتعمل تلك القنوات على ترسيب نسبة كبيرة منها قبل ان تصل الى الخزان، شكل رقم (7 – 6 ج).

شكل رقم (7 – 6) أحواض ومجاري ترسيب



4) اتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من نمو الطحالب والحشائش والأدغال في الخزان من خلال تعميق المناطق الضحلة ، اوعمل سداد ترابية تحول دون وصول المياه الى تلك المناطق اذا كانت تقع عند أطراف الخزان.

5) كري مجاري الانهار بشكل مستمر بعد السد ، لضمان استمرار الجريان بشكل منتظم والتخلص من الجزر والرواسب الموجودة في قاع المجرى، وما ينتج عنها من اثار التي مر ذكرها.

6) التأكد من صلاحية الموقع والموضع لانشاء السدود والخزانات من خلال أجراء دراسات موقعيه شاملة ووافية لجميع الجوانب.

7) الاستفادة من المراكز البحثية في تقييم المشاريع التي تنوي الدولة أقامتها ، مثل المراكز الاستشارية في الجامعات، كما يتم عقد ندوات حول المشروع المزمع أقامته للوقوف على السلبيات والإيجابيات من خلال ما يقدمه الباحثون من أفكار في هذا المجال والتي ستؤدي الى زيادة الإيجابيات وتقليل السلبيات.

المبحث الرابع – مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأودية الجافة.

تختلف السدود التي تقام على الاودية الجافة عن التي تقام على مجاري الانهار، إذ تكون الأولى احتجازية، أي حجز المياه أمامها فقط، في حين تكون الثانية احتجازية تنظيمية، أي تحجز المياه وتنظم تصريفها الى المناطق الواقعة بعد السد لذا تكون اكثر كلفة وتعقيدا من الأولى.

ومن السدود التي تقام على الاودية الجافة في المناطق الصحراوية هي السدود الارضية الترابية المارة الذكر، والتي يعتمد اختيار مواقعها ومواضعها على معلومات جيولوجية وجيومورفولوجية وهيدرولوجية، والتي يتشابه الكثير منها مع ما تم ذكره في مواضع ومواقع السدود على مجاري الانهار، الاانها تحتاج الى معلومات تتميز بها عن النوع السابق، وتتمثل في جوانب عدة منها ما يأتي:

أولاً – معلومات جيومورفولوجية.

يعد الوضع التضاريسي للمنطقة من العوامل المهيمنة على طبيعة التصريف عند سقوط الامطار، وهذا يحتاج الى دراسة مورفومترية ووصفية لعناصر عدة منها ما يأتي:

1 – حوض الوادي

يمثل حوض الوادي المنطقة المحيطة به التي ترد مياهها اليه عند سقوط الامطار، ويعتمد ذلك على عدد الاودية في المراتب المختلفة وأطوالها التي تنقل المياه

من أرجاء الحوض الى الوادي، فكلما زاد عددها وأطوالها أسهمت في نقل اكبر كمية من مياه الامطار الساقطة فوق الحوض الى الوادي وبالعكس، لذا تعد من العناصر الاساسية والمهمة في تقرير مواقع السدود والخزانات وعددها.

ومن الجوانب الأخرى المهمة في هذا المجال طوبوغرافية الحوض، إذ يزداد التصريف مع ارتفاع أطراف الحوض وانحدارها نحو الوادي، فتقل الضائعات المائية، وبالعكس، كما يتأثر التصريف بطبيعة تكوينات الحوض السطحية ومساميتها، وخاصة في المناطق البطيئة الانحدار، اما المتوسطة والشديدة الانحدار لاتعطي فرصة للمياه بالتسرب لسرعة الجريان.

2 – المقاطع الطولية والعرضية للوادي.

تعد المقاطع الطولية والعرضية ذات أهمية كبيرة في تحديد مواقع ومواضع السدود وخزن المياه، والتي تحتاج الى مواضع ضيقة وعميقة وانحدارات معتدلة في سفوح الوادي لتجنب حدوث عمليات جيومورفولوجية مختلفة.

3 – الطول الحقيقي والمثالي للوادي.

ان معرفة الطول الحقيقي والمثالي يوضح مدى تعرج الوادي، والذي يؤثر على المسافة التي تقطعها المياه الجارية فيه، حيث يزداد طول الوادي كلما زادت المنعطفات فيه فترتفع نسبة الضائعات المائية لمرورها عبر مسافة اطول ومساحة اكبر، وتعرضها لعناصر المناخ لفترة اطول، فتؤدي الحالة الأولى الى تسرب كمية اكبر من المياه وتسهم الحالة الثانية في زيادة نسبة التبخر.

4 – **طبيعة العمليات الجيومورفولوجية.**

تحدث في الحوض عامة والوادي خاصة عمليات جيومورفولوجية مختلفة من تعرية وتجوية وارساب وانهيارات وانزلا قات تنعكس أثارها على السد والخزان وكمية ونوعية المياه، فقد تعمل التعرية على جرف كميات كبيرة من الرواسب تتجمع في الخزان فتقلل من طاقته الاستيعابية، في حين تعمل التجوية على تفكك التكوينات السطحية فتسهل عملية تعريتها وأذابتها عند سقوط الامطار، فيؤثر ذلك على السد والخزان.

ثانياً – التكوينات السطحية وتحت السطحية.

ان أهمية التكوينات السطحية في اقامة السدود والخزانات على الاودية الجافة لاتقل أهمية عن التي تقام على الانهار رغم وجود اختلافات بينهما في جوانب عدة منها:

1) الخزانات على الانهار أوسع مساحة من التي تقام على الاودية واكثر استيعابا، وتشغلها المياه باستمرار، في حين تكون الخزانات على الاودية الجافة اقل مساحة واستيعابا وتشغلها المياه في مواسم معينة لذا تكون مواضعها اقل تعقيدا من الأولى.

2) يعتمد بناء السدود النهرية على طبيعة التكوينات تحت السطحية، في حين تعتمد الثانية على التكوينات السطحية، لذلك اختيار مواضعها اسهل من النوع الاول.

3) تكون السدود المقامة على الانهار اكبر حجما واثقل وزنا من السدود المقامة على الاودية الجافة.

4) يرتبط بالسدود المقامة على الانهار منشآت عدة لانها احتجازية تنظيمية، في حين لا يرتبط بسدود الاودية سوى محطات ضخ لانها احتجازية فقط.

ثالثاً – النظام الهيدرولوجي.

ان النظام الهيدرولوجي في المناطق الجافة يعتمد على طبيعة المناخ السائد في المنطقة كالتساقط بانواعه والحرارة والرياح، فالتصريف يرتبط بالتساقط، اما الحرارة والرياح فهي عناصر مؤثرة عليه، لذا سيتم تناول كل منهما على حدة.

1 – الامطار

تعد الامطار المصدر الأساسي للمياه في المناطق الجافة، والتي على ضوءها يتقرر انشاء السد أم لا، لذا تتم دراستها بدقة ومن جوانب عدة منها ما يأتي:

أ. معدلات التساقط خلال السنة ومواسم تساقطها، وذلك بالرجوع الى بيانات التساقط في السنوات السابقة ولفترات زمنية طويلة لاتقل عن 30 سنة لمعرفة أعلى واقل المعدلات، والتي على ضوءها يمكن تقدير كمية المياه المحتمل تجمعها في السنوات المطيرة والجافة، والتي تتأثر بعوامل مناخية وجيومورفولوجية وجيولوجية.

ب. غزارة الامطار وشدتها خلال فترة التساقط خلال اليوم الواحد لفترة قصيرة اقل من ساعة او عدة ساعات او يوم كامل، ويحسب ذلك من قسمة كمية الامطار على الفترة التي سقطت خلالها بالساعات او الدقائق.

ج. التغير في كمية التساقط، وهي النسبة المئوية بين الزيادة او النقصان في التساقط ومعدله السنوي العام، فكلما كانت النسبة المئوية كبيرة دلت على ان التغير كبير في سقوط الامطار سالب او موجب، ووفق المعادلة الآتية:

$$\text{معدل التغير في التساقط} = \frac{\text{متوسط الزيادة أو النقصان في التساقط عن المعدل السنوي العام}}{\text{المعدل السنوي العام}} \times 100$$

ويتضح من خلال ذلك اتجاه معدلات الامطار نحو الزيادة اواالتراجع.[18]

ث – القيمة الفعلية للأمطار اوما يسمى بمعامل الجفاف ويمكن ان يكون وفق معادلة دي مارتون الآتية:

$$Y = \frac{P}{T+10}$$

P معدل الامطار السنوي

T المعدل السنوي لدرجات الحرارة

وعلى ضوء النتائج تحدد طبيعة المناخ السائد من حيث الرطوبة والجفاف وكما في الجدول رقم (7 – 2).[19]

جدول رقم (7 – 2) نوع المناخ حسب معادلة دي مارتون

معدل الجفاف	نوع المناخ
اقل من 5	مناخ جاف
5 – 10	مناخ شبه جاف
10 – 20	مناخ شبه رطب
20 – 30	مناخ رطب
اكثر من 30	مناخ رطب جدا

2 – الحرارة.

يؤدي ارتفاع درجات الحرارة الى زيادة نسبة التبخر من المياه المتجمعة أمام السد ، كما تؤثر على الامطار الساقطة من خلال تبخر قسم منها عند وصولها الى الارض مباشرة، والبعض عند جريانها في الاودية ، فتزداد نسبة المفقود من مياه الامطار بسبب الحرارة.

3 – الرياح.

تتميز الرياح في المناطق الصحراوية بسرعتها لقلة المعوقات والمصدات التي تعترضها ، فضلا عن جفافها وكل ذلك يساعد على زيادة نسبة التبخر من المياه المتجمعة والأمطار أثناء سقوطها قبل ان تصل الى الارض، حيث تعمل الرياح على تمزيق قطرات المطر الكبيرة الى قطرات صغيرة الحجم تستطيع الرياح من حملها مسافة بعيدة عن مناطق سقوطها ، ويزداد تأثير الرياح على المياه المتجمعة اذا كانت منتشرة على مساحة واسعة.

ولغرض الحد من مشكلة التبخر يمكن اعتماد التدابير الآتية:

1) زرع أشجار طويلة وكثيرة الفروع حول الخزان لتقليل اثر الرياح والحرارة ، إذ تعمل على الحد من كمية الإشعاع الشمسي الواصل الى المياه المخزونة ، كما تخفض سرعة الرياح المارة فوق الخزان فيقل تأثيرها على المياه المخزونة.

2) حفر خزانات اصطناعية عميقة وضيقة أمام السد وعلى جانب واحد من الوادي او على جانبيه حسب ما تقتضيه الحاجة وكمية المياه المتوقع تجمعها ، ويفضل تغطيتها بأي مادة متوفرة يمكن استخدماها في هذا المجال، المهم تكون

الارض صالحة للخزن، ويمكن انشاء عدة خزانات بشكل متتالي اذا كانت طبيعة الارض وكمية المياه تسمح بذلك.

3) استخدام المركبات الكيميائية التي تقلل من شدة التبخر عند رشها فوق سطح الماء، مثل استيل الكحول[هكسا ديكا نول] الذي يعد من اكفأ المواد التي تم استخدامها في خزان مساحته حوالي 800 هكتار فانخفضت نسبة التبخر الى 37٪ وبكلفة زهيدة حوالي واحد بنس لكل 3780 لتر ماء، علما بان تلك المادة لا تؤثر على الخواص العامة للماء من حيث الطعم والرائحة والتأثيرات البايلوجية.[20]

ومن الجدير بالذكر ان تحديد مواضع السدود والخزانات على الاودية الجافة يتطلب دراسة هيدرولوجية لمعرفة منسوب الجريان الذي يشهده الوادي عند حدوث السيول في السنوات الماضية وحتى اذا لم تتوفر محطات قياس للمناسيب يمكن معرفة ذلك من خلال ما تركته السيول من اثار تعرية او ارساب على ضفاف الاودية، وقد وضعت عدة معادلات لهذا الغرض ولكنها غير دقيقة لصعوبة التحكم بالعناصر المؤثرة في ذلك وقياسها.

المبحث الخامس – تخطيط قنوات الري والبزل واستصلاح الأراضي.

ان تخطيط قنوات الري والبزل واستصلاح الأراضي يكون وفق دراسات واسس مختلفة لكي تحقق الهدف الأساسي وهو زيادة إنتاجية التربة، والتي تتمثل بما يأتي:

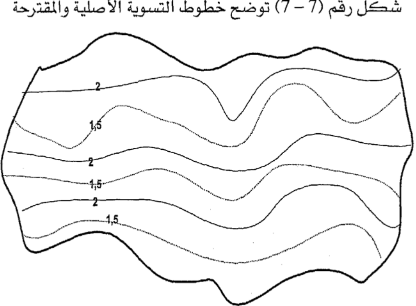
أولاً – المعلومات الجيومورفولوجية.

وتعد ذات أهمية كبيرة في هذا المجال ومنها ما يأتي:

1) **طبيعة سطح الارض.**

ان تخطيط قنوات الري والبزل لابد ان يكون بشكل يتفق مع طبيعة سطح الارض من حيث الانحدار ونوع التضاريس وطبيعة انتشارها، والتي يشكل بعضها عائقا أمام انشاء تلك القنوات، لذا يستعان بخرائط طوبوغرافية لمنطقة الدراسة لمعرفة طبيعة مظاهر السطح فيها، وتكون ذات فاصل رأسي صغير 1 – 2م وبمقياس رسم كبير مابين $\frac{1}{5000}$ و $\frac{1}{25000}$، وعلى ضوءها يتم أعداد خرائط لتسوية الارض بما يتناسب والانحدار العام للأرض، حيث تتضمن الخريطة الجديدة خطوط كنتورية اضافية توضح ما سيكون عليه انحدار الارض بعد التسوية او التعديل، فتكون قيم تلك الخطوط منخفضة في بعض المواضع ومرتفعة في مواضع اخرى عن قيم الخطوط الكنتورية الأصلية، شكل رقم (7 – 7)، وهذا يعني ان المواضع المنخفضة القيم تحتاج الى دفن والمرتفعة الى حفر وتسوية، حتى تكون الارض بمستوى واحد فيمكن تخطيط القنوات خلالها.

شكل رقم (7 – 7) توضح خطوط التسوية الأصلية والمقترحة



ومن الجدير بالذكر ان تعيين المواضع المرتفعة والمنخفضة لم يكن العامل الحاسم في مجال تسوية الارض، بل هنالك جوانب عدة يجب مراعاتها عند استصلاح الارض مثل نوع التربة وسمكها و ملوحتها.

2- نوع التكوينات السطحية من حيث النسجة والمسامية والملوحة والتركيب المعدني

ويعد ذلك مهما في تخطيط مشاريع الري والبزل وتحسين خواص التربة، وقد أهملت بعض الجهات المسؤولة عن استصلاح الأراضي هذه الأمور ولهذا لم تحقق الهدف المخطط في تحسين نوعية التربة ورفع إنتاجيتها، وفي هذا المجال يجب مراعاة ما يأتي:

أ. نوع التربة في المناطق التي يراد استصلاحها، رملية، طينية، مزيجية، كلسية، عضوية، ومواقع انتشارها، ويتم أعداد خرائط توضح ذلك.

ب. طبيعة نسيج التربة ونفاذيتها.

ج. ملوحة التربة، وتحدد المناطق الأكثر والأقل ملوحة.

د. سمك التربة ومدى تباينها من مكان لاخر.

ه. مناسيب المياه الجوفية في التربة.

ان ملاحظة تلك الجوانب له أهمية كبيرة في عملية تسوية التربة واعادة توزيعها بشكل يساعد على تحسين خصوبتها، وهذا يعني ان استصلاح الأراضي لا يعتمد فقط على تسوية الارض لتكون بمستوى واحد من خلال تخفيض المناطق المرتفعة ورفع المنخفضة، بل تتخذ عدة إجراءات منها ما يأتي:

1) خلط التربة الرملية بتربة طينية لتحسين خواصها وزيادة خصوبتها، لذا تخفض المواضع المرتفعة منها وتضاف أليها طبقة من التكوينات الطينية، وإذا كانت

منخفضة تضاف بدون تخفيض وتخلط بها جيدا ، كما يمكن إضافة مواد عضوية لها لرفع إنتاجيتها.

2) معالجة الترب الثقيلة القليلة المسامية والنفاذية وضعيفة الإنتاج لشدة تماسكها من خلال إضافة تربة رملية اوعضوية أليها فتعمل على زيادة مساميتها واضعاف تماسكها.

3) التخلص من الترب العالية الملوحة اما برفعها إذ أكانت عالية المستوى او نقل الطبقة السطحية منها واستبدالها بتربة خصبة على ان يرافق ذلك إجراءات تحول دون ارتفاعها في التربة الجديدة.

4) المحافظة على الطبقة الهشة غير السميكة التي تغطي المناطق الصخرية ، ويمكن إضافة طبقة من التربة أليها بحيث لايقل سمكها عن 10سم بما يساعد على نمو النباتات فيها ، والتي تسهم في تحسين تلك التربة وزيادة سمكها نتيجة لعمليات التحلل والتجوية التي تتعرض لها الطبقة الصخرية الواقعة تحتها.

5) اتخاذ الإجراءات الكفيلة التي تحول دون ارتفاع مناسيب المياه الجوفية في التربة فتغير من خصائصها وترفع ملوحتها ، ويعتمد ذلك على أسلوب الري وكفاءة مشاريع البزل.

ثانياً – أسس تخطيط قنوات الري والبزل واستصلاح الأراضي.

ان تخطيط قنوات الري والبزل يعتمد على عدة أسس منها ما يأتي:

1) تكون قنوات الري باتجاه انحدار الارض الذي يجب ان يكون بطيئا ، ويبدأ السقي من جهة الارض المرتفعة ثم المنخفضة.

2) ان تكون القنوات التي تنقل المياه كتيمة لاتسمح بتسربها نحو الاراضي المحيطة بها ، فينتج عنها مساوئ كثيرة منها :

أ. زيادة نسبة الضائعات المائية.

ب. ارتفاع مناسيب المياه الجوفية والملوحة في الاراضي المجاورة.

ج. انخفاض إنتاجية الارض.

ولغرض التخلص من تلك الاثار يفضل ان تكون القنوات مبطنة اوعلى شكل انابيب، اوقنوات كونكريتية تمد فوق مساند صلبة ترتكز على سطح الارض، ويستخدم هذا النوع في المناطق التي يتعذر شق قنوات فيها لاسباب كثيرة منه عدم توفر تربة كافية لعمل القنوات او مرورها ضمن مستنقعات او أراضى سبخة وغيرها.

3) مراعاة تأثير بعض مظاهر السطح على مد قنوات الري والبزل، مثل البحيرات الهلالية في مناطق السهول الفيضية والمستنقعات والتلال والهضاب الصغيرة التي تعترض تخطيط تلك المشاريع، لذا يتم اتخاذ التدابير اللازمة ومنها تغيير اتجاهها عن المسار الحقيقي، وهذا يزيد من طولها والتكاليف والوقت الذي تحتاجه المياه لقطع المسافة بين محطات الضخ والأراضي الزراعية.

4) كمية الرواسب التي تجلبها مياه النهر، وتعد ذات أهمية كبيرة لانها تعمل على تحسين خصوبة التربة، الاانها تؤدي في نفس الوقت الى طمر قاع قنوات الري فتقلل من طاقتها الاستيعابية وسرعة جريان المياه فيها ، وعليه يجب كري تلك القنوات باستمرار لتخلص من تلك الرواسب بواسطة معدات مصممة لهذا الغرض، او تحريكها بواسطة قطعة خشب كبيرة يسحبها جرار فتنقلها المياه الى الاراضي الزراعية.

5) حفر قنوات بزل تمر عبر الاراضي الزراعية وتكون على شكل شبكة تغطي جميع الاراضي لامتصاص المياه الزائدة منها والحيلولة دون ارتفاع مناسيبها في التربة ، حيث ترتبط بمحطات لسحب تلك المياه وضخها الى مجاري الانهار اوالمسطحات المائية القريبة ، وتستخدم الأنابيب الماصة في هذا المجال لسحب المياه الزائدة من الاراضي الى القنوات الرئيسية ، والتي تدفن في التربة على عمق اكثر من 50 سم وبشكل منحدر نحو القناة الرئيسية.

وقد تواجه عمليات البزل مشاكل عدة منها مايأتي:

أ. يؤدي تسرب المياه من الاراضي الى قنوات البزل الى ذوبان وتحرك كتلة التربة المحيطة بالأنابيب ومن ثم انزلاق ما فوقها الى قاع القناة فتعمل على عرقلة جريان المياه فيها ورفع مناسيبها ، فتؤثر على الاراضي المجاورة لها.

ب. تعد قنوات البزل بيئة ملائمة لنمو بعض النباتات الطبيعية خاصة القصب والبردي، وهما سريعا النمو والانتشار وبكثافة عالية، بحيث تعرقل جريان المياه في تلك القنوات، ورغم المحأولات الجادة للتخلص من تلك النباتات ألا أنها غير مجدية.

6) عدم السماح للمواشي من الأبقار والأغنام بالرعي فوق الترب العالية الرطوبة، حيث يؤدي ذلك الى دك التربة وتشويه مساميتها وقلة نفاذيتها، فتنعكس أثارها على إنتاجيتها.

7) زراعة الترب الثقيلة بمحاصيل الجت والبرسيم والرز لتحسين خصائصها وزيادة خصوبتها.

8) مكافحة النباتات الغريبة التي تنمو في الاراضي الزراعية بعدة طرق، ومنها سقي الارض في موسم نموها حتى تنمو على نطاق واسع فتتم مكافحتها

بالمبيدات الخاصة بذلك، او حرث الارض بنباتها وتركها تحت تأثير حرارة الشمس في الصيف.

9) عدم سقي الارض بشكل متتالي، أي من لوح لاخر والذي يعمل على اضعاف القدرة الإنتاجية للمساحات او الألواح التي تسقى في البداية كما مر ذكرها سابقا.

10) عدم استخدام اسلوب الري بالرش في الترب العالية المسامية والمرتفعة الحرارة، والذي ينتج عنه تبخر جزء من تلك المياه وتسرب جزء أخر، فتكون استفادة النبات محدودة.

11) استخدام اسلوب الري بالتنقيط في سقي الأشجار في المناطق الجافة، على ان تكون الأنابيب على عمق بعيد عن تأثير حرارة الجو للمحافظة على المياه من التبخر، فتستفاد الأشجار من تلك المياه.

12) معالجة حموضة التربة بإضافة تربة كلسية أليها لجعلها متعادلة، والتي تعد من افضل انواع الترب.

مراجع الفصل السابع

1) د. محمد عبد الرحمن الجناني؛ المنشآت الهيدروليكية، دار الراتب الجامعية، بيروت 1986، ص 260 – 261.

2) د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق، ص 293.

3) William D. thornbury; Principle geomorphology, Johnwiley New york, 1954, p578

4) د. باقر كاشف الغطاء؛ علم المياه وتطبيقاته، جامعة بغداد 1982، ص 279.

5) ادوركيلر؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق، ص 587.

6) المصدر السابق، ص 100.

7) م. جر يشين واخرون؛ الإنشاءات الهيدرولية، ج1، ترجمة د. سلمان المنير، دار مير موسكو1979، ص121.

8) ادوركيلر؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق، ص 221.

9) د. محمد عبد الرحمن الجناني؛ المنشأت الهيدروليكية، مصدر سابق، ص261.

10) ادوركيلر؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق، ص 164.

11) د. محمد يوسف واخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق، ص 347.

12) د. عدنان النقاش وزميله؛ الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص 624.

13) خلف حسين علي الدليمي؛ وادي نهر الفرات، مصدر سابق، ص 144.

14) المعهد الدولي لشؤون البيئة والإنماء، موارد العالم 88 – 89، الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي، ص 230

15) E. B. Branson, Tarr. Keller; Introducion to geology, America, 1952, p121 .

16) جانيت ن. ابراموفيتز؛ المياه في مواجهة الخطر، ترجمة شويكارزكي، الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة 1998، ص 36.

17) المصدر السابق، ص 50.

18) د. محمود سعيد السلاوي؛ هيدرولوجية المياه السطحية، مصدر سابق، ص107.

19) المصدر السابق، ص 174.

20) المصدر السابق، ص 176.

الفصل الثامن

علاقة التضاريس الأرضية في البحث عن الموارد الطبيعية والعمليات العسكرية

الفصل الثامن
علاقة التضاريس الأرضية في البحث عن الموارد الطبيعية والعمليات العسكرية

المبحث الأول – دور التضاريس في البحث عن الموارد الطبيعية.

تعد المعلومات الجيومورفولوجية ذا أهمية كبيرة في التعرف على بعض مكامن الموارد الطبيعية والتي تمثل العنصر الأساسي للتنمية الاقتصادية في جميع دول العالم، حيث تمثل البيئة الطبيعية اليابسة والمائية، الحارة والباردة، مسرحا للنشاط البشري بانواعه المختلفة، إذ تحدد المعطيات الطبيعية نوع النشاط البشري الذي يمكن ان يمارسه الانسان في ذلك المكان، والتي تمثل القاعدة الاساسية لتطوره الحضاري.

ويقول فيكتور كنزن (Victor Cansin) اعطني خريطة دولة ما تتضمن معلومات وافية عن موقعها ومناخها وماءها وظاهراتهاالطبيعية المختلفة ومواردها وإمكاناتها الطبيعية، فعلى ضوء ذلك يمكن معرفة نوع الانسان الذي يمكن ان يعيش في مثل تلك الدولة، والدور التاريخي الذي يمكن ان يؤديه، وهذا لايكن بالصدفة بل على أساس الضرورة التي تفرضها البيئة، وهذا لا ينطبق على فترة معينة من تاريخ حياة الدولة بل كل تاريخ حياتها. [1]

ان الموارد الطبيعية موزعة بشكل غير متوازن في أرجاء الكرة الارضية، لذا توجد دول غنية بمواردها واخرى فقيرة، كما أنها متباينة في أماكن وجودها

فبعضها قرب سطح الارض والبعض الأخر في أعماقها وتحتاج الى جهد كبير في سبيل الحصول عليها.

وعملية البحث عن تلك الموارد وتحديد مواقعها يحتاج الى تحري موقعي، والاستعانة بكل الوسائل المتاحة في سبيل ذلك، وتعد المعلومات الجيومورفولوجية من تلك الوسائل التي يمكن الاستفادة منها في التعرف والاستدلال على مواقع ومكامن بعض الموارد ومنها ما يأتي:

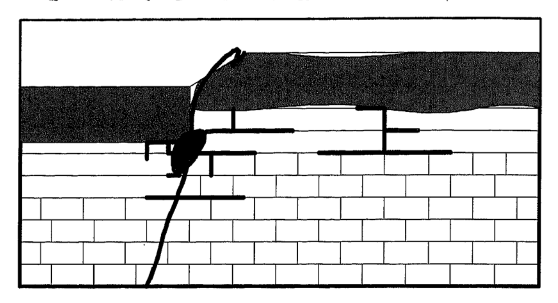
أولاً – البحث عن الرواسب المعدنية.

توجد المعادن في الطبيعة بأوضاع مختلفة وهذا له أهمية اقتصادية كبيرة، فوجودها في التكوينات السطحية من الارض يساعد على استغلالها بسهولة، وقد تغطيها طبقة رقيقة من تلك التكوينات يمكن أزالتها ببساطة وبكلفة قليلة.

وقد توجد المعادن على أعماق كبيرة تحتاج الى حفر انفاق طويلة وعميقة في سبيل الوصول أليها، ورغم ما يكتنف تلك العملية من مخاطر وخسائر اقتصادية كبيرة الا ان أهميتها وقيمتها الاقتصادية تدفع الانسان الى استغلالها، كما إنها توجد بشكل مبعثر خلال الطبقات الصخرية وبكميات متباينة، لذا يكون استغلال بعضها غير اقتصادي في بعض الأحيان لقلة ما متوفر منها.

وتتخذ المعادن أشكال مختلفة ضمن التكوينات الصخرية، فبعضها على شكل طبقات والبعض الأخر على شكل عروق تمتد خلال الفواصل والكسور والشقوق التي تتضمنها الطبقات الصخرية، شكل رقم (8 – 1)، أي تتخذ المعادن أوضاعا غير منتظمة ضمن الصخور.[2]

شكل رقم (8 – 1) مكامن الرواسب المعدنية ضمن التراكيب الصخرية



ويتأثر توزيع المعادن في الطبيعة بعدة عوامل هي:

1) نوع الصخور في كل منطقة، والتي تتباين في نوع المعادن المكونة لها، فالصخور النارية تحتوي معادن فلزية والرسوبية تحتوي معادن لافلزية.

2) الزمن الجيولوجي الذي تكونت فيه الصخور، فلكل زمن خصائص معينة تنعكس آثارها على نوع المعادن التي تتكون خلال هذه الفترة.

3) حركات القشرة الارضية التي تتعرض لها الطبقات الصخرية وما يصاحبها من عمليات التواء وانكسار والتي تعد مكامن لتجمع المعادن، فضلا عما ينتج عنها من حرارة وضغط يؤثر على البنية والتركيب الجيولوجي للصخور، والتي تؤدي الى تغير خصائص بعض المعادن فتحولها من نوع لاخر.

4) اثر قوى التعرية المختلفة التي تعمل على كشف بعض المعادن القريبة من سطح الارض بعد إزالة التكوينات التي تغطيها، وربما يحدث العكس تعمل الرواسب

التي نقلتها عوامل التعرية على طمر مكامن معدنية، اونقل كميات من الرواسب المعدنية من مكان لاخر. [3]

ان البحث عن الرواسب المعدنية وتحديد مواقعها يحتاج الى استخدام كل الإمكانات المتاحة ومن بينها الدلائل الجيومورفولوجية والمتمثلة بما يأتي:

أ. طوبوغرافية سطح الارض الذي يتأثر بوجود الرواسب والعروق المعدنية لما تتركه من اثار على شكلها او مظهرها والتي تعطي صورة واضحة عن البنية الجيولوجية للمنطقة، وتوحي عن وجود معادن فيها.

ب. وجود بعض المعادن على شكل اكاسيد فوق سطح الارض او ضمن التكوينات السطحية، والتي من خلالها يمكن الاستدلال على مكامن وجود تلك المعادن.

ج. وجود علاقة بين مظاهر السطح وتوزيع الرواسب المعدنية، حيث تم اكتشاف تسعة انواع من الرواسب المعدنية اعتمادا على تلك العلاقة، رغم اختلاف مصادرها مثل الرواسب الغرينية والنهرية والهوائية والساحلية والجليدية والوديان، ومعادن اخرى تعود الى تكوينات مختلفة. [4]

فعلى سبيل المثال خامات الرصاص والزنك في منطقة بروكين هيل باستراليا توجد على شكل حواجز صخرية بارزة فوق سطح الارض، كما توجد في بعض المناطق على شكل حفر وتجاويف ومواضع هابطة يمكن مشاهدتها، ومن الأمثلة الأخرى خامات الحديد في منطقة البحيرات في الولايات المتحدة والتي توجد على شكل تلال صخرية حمراء اللون تسمى بالجبال الحديدية.

د. اثر عمليات التعرية والتجوية التي تستمر لفترة طويلة فتؤدي الى كشف المعادن القريبة من سطح الارض، كما حدث في فنزويلا ، حيث ادت تلك العمليات الى كشف رواسب الحديد.

ه. وجود رواسب معدنية ممزوجة ببعضها مثل الذهب والقصدير والبلاتين مع رواسب السهول الفيضية.[5]

و. يرتبط وجود بعض المعادن بنوع الصخور، فالمعادن الفلزية تعود الى الصخور النارية التي مصدرها الصهير البركاني، حيث تتكون في المراحل الأولى من تبلور تلك الصخور، وقد يرافق اندفاع كتل الصهير وتداخلها مع صخور القشرة الارضية تكون غازات وأبخرة تحتوي عناصر تدخل في تكوين بعض المعادن، فعندما تلتقي تلك الأبخرة مع المياه المتسربة من أعلى القشرة الارضية وحاملة معها عناصر مختلفة فيحدث تفاعل بين عناصر الطرفين ينتج عنه تكون بعض المعادن التي تتجمع في الشقوق والفواصل التي تتضمنها الطبقات الصخرية على شكل عروق.

وقد تتبلور بعض المعادن بشكل مباشر من الصهير البركاني مثل الماجنتايت والالمينايت والكرومايت.

اما المعادن اللافلزية كالجبس والفوسفات والبوتاس فيرتبط بالصخور الرسوبية بالدرجة الأولى، فضلا عن بعض المعادن الفلزية التي تتضمنها تلك الصخور.[6]

ثانياً – البحث عن البترول.

اختلف الجيولوجيون في تحديد اصل النفط فالبعض يؤكد بان اصله عضوي والبعض الأخر ينفي ذلك ويرجح ان اصله يعود الى تفاعلات كيميائية تحدث في باطن الارض بين مواد غير عضوية.

وتأييد الرأي الاول هو السائد الذي يؤكد ان اصل النفط مواد عضوية ترسبت في مواضع معينة واسهمت عوامل عدة في تكوينه، وبمرور الزمن تحرك من مكان لاخرعبر الفوالق والكسور التي تتضمنها الطبقات الحاوية له وتحت تأثير الحركات التكتونية والمياه الجوفية.

ومكامن البترول لا توجد في كل مكان بل في مواضع محددة تتوفر فيها خصائص معينة منها:

1) بيئة جغرافية وجيولوجية تساعد على نمو النبات وعيش الحيوان، والتي تعرضت الى عمليات الترسيب على نطاق كبير فنتج عن تلك الترسبات ضغط وحرارة شديدين كان لهما الأثر الكبير في تكون البترول.

2) وجود طبقات صخرية مسامية وتتضمن تراكيب مختلفة تسمح بتجمع البترول وتحركه، وخاصة الصخور الرسوبية فتعد من افضل انواع الصخور في هذا المجال.

3) توفر مكامن لتجمع البترول بكميات كبيرة، حيث توجد أربعة انواع من المكامن هي:

أ. مكامن ضمن تكوينات جيولوجية انكسارية.

ب. مكامن ضمن تكوينات قبابية محدبة، وتعد ابسط الأنواع اكتشافا.

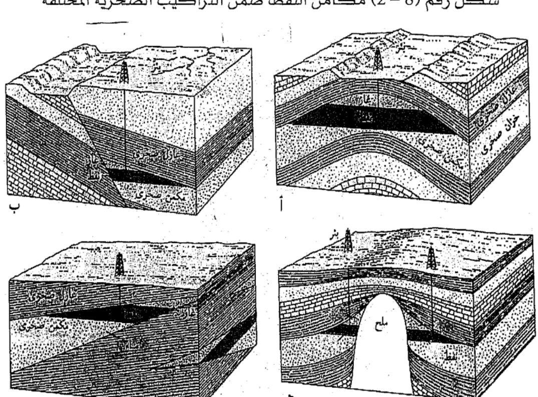
ج. مكامن تكوينات طباقية، وهي اكثر الأنواع انتشارا.

د. مكامن القباب الملحية، وهي اقل الأنواع انتشارا. (7)

وعلى العموم يتجمع البترول في التكوينات ذات التطبيق غير الاعتيادي، مثل مناطق الطيات والكسور والقباب والمحدبات، شكل (8 – 2) مخططات تبين

مكامن وجود البترول، وفي اغلب الأحيان يوجد الغاز في القمة والماء في الاسفل والبترول في الوسط حسب كثافة تلك المواد، ويوجد الغاز غالبا متحلل مع البترول.[8]

شكل رقم (8 – 2) مكامن النفط ضمن التراكيب الصخرية المختلفة



ومن الدلائل الجيومورفولوجية التي يمكن الاستفادة منها في التعرف على مكامن البترول ما يأتي:

1) وجود علاقة وثيقة بين طوبوغرافية الارض والتركيب الجيولوجي لحقول النفط، خاصة الاشكال المحدبة والمقعرة والقباب الملحية، فعلى سبيل المثال حقول نفط الخليج والفنزولي توجد ضمن قباب ملحية.

2) نمو بعض الاشجار قرب مكامن وجود البترول والتي تتضمن معادن معينة يرتبط وجودها بوجود النفط والتي تمتصها تلك الاشجار فتؤثر على لون اورقها

فتظهر بشكل يختلف عن اللون الطبيعي لتلك الاشجار في الأماكن البعيدة عن وجود النفط.

3) وجود علاقة بين طبيعة التصريف النهري والتكوينات الحاوية البترول، حيث تتعرض المجاري المائية الى الانحراف والشذوذ عن النمط العام وخاصة في المناطق ذات الانحدار البطيء، فعلى سبيل المثال نمط التصريف السائد الشجري الذي يتغير بشكل غير مألوف الى شعاعي او مركزي او منحرف، كما يتغير شكل الوادي من عميق الى ضحل او من ضيق الى واسع او من مستقيم الى متعرج.

وربما يعود هذا الشذوذ الى وجود انحراف محلي في البنية الجيولوجية نتيجة لحركة تنشيط تكتوني. وقد ساعدت الظروف على وجود النفط في مثل تلك التراكيب.

وقد أكد فيكري عام 1927 ان العلاقة بين مظهر سطح الارض وتكون النفط واضحة في حقول لوس أنجلوس وكاليفورنيا، كما أشار ليفرسون عام 1934 الى ان معظم خزانات البترول الكبيرة توجد في مناطق غير متوافقة في امتداد الطبقات الصخرية، وخاصة التي تمثل أسطح تكوينات قديمة تغطيها رواسب حديثة، وهذا يعني ان للبنية والتركيب الجيولوجي دور كبير في وجود النفط ومن الأمثلة على ذلك بترول تكساس ومشيغان الذي يوجد ضمن تكوينات جيرية ذات سمك كبير ومسامية عالية ساعدت على تحلل المواد العضوية بفعل المياه الجوفية المتجمعة فيها، كما سمحت طبيعة التكوينات بتجمع كميات كبيرة من البترول، وهذه الخاصية لا تتوفر في الطبقات غير السميكة.[10]

وقد وجدت مكامن النفط في تكوينات متباينة في تركيبها وبنيتها ومنها ما يأتي:

أ. تكوينات كارستية مدفونة.

ب. أرسابات نهرية ساحلية.

ج. أسطح انفصال مدفونة.

د. دالات مروحية قديمة. [11]

ثالثاً – البحث عن المياه الجوفية.

تعد المياه الجوفية ذا أهمية كبيرة في حياة الشعوب التي تعيش في مناطق لاتتوفر فيها انهار، وتلك المياه لاتتوفر في كل مكان بشكل يمكن استغلالها، إذ يتحكم بوجودها عدة عناصر منها ما يأتي:

1) طبيعة التساقط.

2) طوبوغرافية الارض.

3) التكوينات السطحية وتحت السطحية.

4) البنية والتركيب الجيولوجي للطبقات الصخرية وما تتضمنه من تراكيب اولية وثانوية تساعد على تجمع المياه.

ان نوعية تلك المياه ومدى صلاحيتها للاستعمال البشري يعود الى مصدر تلك المياه و نوع التكوينات التي توجد فيها مكامنها، فمن حيث المصدر تعد مياه الامطار والأنهار والثلوج من المصادر الرئيسة للمياه العذبة السطحية والجوفية، اما من حيث التكوينات فالرواسب النهرية ومعظم ترسبات العصر الرباعي من افضل

التكوينات التي لا تؤثر على نوعية المياه، وهذا ما يلاحظ في العراق حيث تكون مياه هضبة الجزيرة الواقعة بين نهري دجلة والفرات افضل من مياه الهضبة الغربية.

ان ما يهمنا في هذا المجال البحث عن تلك المياه لتحديد مواقع تجمعها، حيث توجد عدة اساليب منها ما يأتي:

1) الطرق الفيزيائية بأساليبها المختلفة وخاصة الطريقة الزلزالية.

2) التصوير الجوي، والذي يتطلب طيرانا على ارتفاع منخفض نسبيا للحصول على قدرة تمييزيه عالية في المكان المطلوب البحث عن المياه فيه، ويستخدم الماسح الخطي الحراري لهذا الغرض والذي يعتمد على حرارة المياه الجوفية التي تختلف عن حرارة المياه السطحية، كما تستخدم الموجات المايكروية وطرق الحث الكهربائي بالموجات الراديوية. [12]

3) الدلائل الجيومورفولوجية.

يمكن الاستفادة من تلك الدلائل في البحث عن مكامن المياه الجوفية وتحديد مواقعها، والمتمثلة بما يأتي:

أ. وجود رواسب تبخريه سطحية في أماكن محددة ومتميزة عما حولها ناتجة عن تبخر مياه جوفية صاعدة الى سطح الارض بفعل الخاصية الشعرية في المناطق الجافة.

ب. ظهور الرطوبة في مكان دون أخر بشكل متميز والذي يشير الى وجود مياه في التكوينات التي تحتها.

ج. نمو نباتات في مناطق دون اخرى يدل على وجود مياه في تلك المناطق.

د. المظهر التضاريسي في المنطقة وطبيعة انحدارها والذي من خلاله يمكن تعيين مواقع تجمع المياه في تكويناتها.

ه. طبيعة التكوينات تحت السطحية، اذ تتحكم نوعية الصخور من حيث البنية والتركيب في تجمع المياه، اذ لاتسمح الصخور الصماء بوجود المياه ضمنها بل تعمل على تجمعها فوقها وعدم السماح لها بالتسرب الى التي تليها، في حين تسمح الصخور المسامية بذلك والتي تحتوي على مكامن كبيرة لمساميتها العالية وكثرة الفواصل والشقوق والفجوات ضمنها، وتؤدي عمليات التحلل المستمر الى توسعها واتصال بعض الفجوات ببعضها، كما يكون للتراكيب الاولية والثانوية من التواء وانكسار دور في تجمع تلك المياه.

رابعا – البحث عن الصخور.

توجد الصخور في الطبيعة بأنواعها المختلفة الرسوبية والنارية والمتحولة وبأوضاع مختلفة منها ظاهر على سطح الارض والبعض الأخر طبقة من التربة او الفتات الصخري أو الحصى والرمل، وكلما زاد سمك تلك الطبقات ارتفعت تكاليف استغلالها.

والصخور تكونت في بيئات مختلفة، فالنارية تعود الى بيئة بركانية والرسوبية الى بيئة بحرية قديمة، وتختلف تلك الصخور عن بعضها في خصائصها الفيزيائية والكيميائية، كما تتباين في الوضع الذي تتخذه ضمن مكونات القشرة الارضية، حيث تكون الرسوبية طبقية والنارية كتلية.

ويمكن تحديد مواقع وجودها في الطبيعة وفق البيئات ومظاهر السطح. حيث تقل في السهول الفيضية وتكثر في المناطق الجبلية والهضاب والصحارى، ولغرض

تحديد المواضع التي تنتشر فيها تلك الصخور يكون من خلال مكاشف الطبقات التي تظهر فيه الصخور واضحة مثل سفوح المرتفعات والاودية والهضاب وشواطئ البحار وضفاف الانهار، وفي حالة عدم توفر مثل تلك الحالات يمكن إزالة الرواسب والمفتتات الناعمة التي تغطي السفوح في المناطق التي يراد معرفة نوع صخورها، كما يكون للزلازل والبراكين دور في التعرف على نوع الصخور، اذ تنتشر الصخور النارية في المناطق التي تتعرض الى البراكين، وتظهر في المواقع التي تتعرض الى الزلازل شقوق كبيرة يمكن من خلالها معرفة نوع الصخور.

خامسا – البحث عن الرمال والحصى.

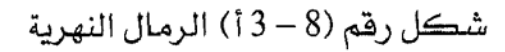
تعد الرمال ذا أهمية كبيرة في النشاط البشري على اختلاف أنواعها، اذ تمثل عنصرا أساسيا في المنشأت العمرانية وعدد من الصناعات، وتوجد الرمال في الطبيعة بأشكال مختلفة حسب المصادر التي ادت الى وجودها ومنها ما يأتي:

1 – رمال نهرية.

تعمل المسيلات والجداول المنتشرة في أحواض الانهار على تعرية الرواسب الرملية ونقلها الى مجرى النهر الرئيسي فيتركز ترسيبها فوق الجزر والضفاف والمنعطفات الداخلية ودلتوات الانهار عند مصباتها، كما يوجد الرمل النهري ضمن تكوينات المدرجات النهرية اما على شكل طبقات منفصلة عن التكوينات الأخرى او ممزوجة مع الحصى والغرين، وتنتشر الرمال النهرية في منطقة السهول الفيضية اما ظاهرة او مطمورة تحت طبقات طينية، خاصة في المناطق التي كانت مجاري نهرية سابقة، ومن العلامات الدالة عليها البحيرات الهلالية والمدرجات النهرية التي تمثل ضفاف المنعطفات الخارجية المرتفعة عن المناطق المجاورة لها، والمثال على ذلك الرمال الموجودة في السهل الفيضي في العراق، والتي تنتشر في مجاري الانهار القديمة وفي المدرجات النهرية الواقعة عند حافات الهضبة الصحراوية المحاذية للسهل

الفيضي ومعظمها مختلط مع الحصى، ومن الأمثلة على الرمال عند مصبات الانهار ما موجود في دلتا نهر النيل عند شاطئ البحر المتوسط، والتي تتميز باللون الأسود لاحتوائها على معادن ذات قيمة اقتصادية لذا تدخل في صناعات عدة، وقد يختلط بعضها بترسبات بحرية والتي تعمل الأمواج على إعادة قسم منها الى الشاطئ وبكميات كبيرة.[13]

يميل لون الرمال النهرية بصورة عامة الى الأزرق الفاتح لاحتوائها على نسبة عالية من السيلكات، شكل رقم (8 – 3 أ) الرمال النهرية.


شكل رقم (8 – 3 أ) الرمال النهرية



2 – **رمال بحرية.**

توجد على بعض شواطيء البحار والمحيطات رمال بالوان مختلفة، والتي جلبتها الأمواج والتيارات البحرية وحركات المد والجزر عند شواطئ البحار والمحيطات، وتظهر بشكل واضح في الشواطئ البطيئة الانحدار والتي تتعرض الى أمواج تغمر مساحة كبيرة منها باتجاه الساحل المرتفع فتنقل معها تلك الرمال فتترك جزء منها فوق تلك الشواطئ وتحمل المياه الراجعة قسم منها الى البحر، وقد كان لانحسار مياه البحار دور كبير في وجود ها منذ القدم على مسافات ومستويات

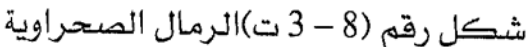
متباينة والتي تكون في بعض الأحيان مختلطة بالحصى، والتي تعود في وجودها الى العصور المطيرة القديمة التي ادت الى ارتفاع مناسيب المياه وانخفاضها بين فترة واخرى، فنتج عنها وجود الرمال في مناطق مختلفة حسب القرب والبعد من مصادرها، والتي تكون ذات لون يميل الى البياض او الاصفرار او الاحمراراو الاسود، حسب المصدر الذي اشتقت منه، وتعد تلك الرمال ذات أهمية كبيرة حيث تستغل القريبة من البحار للأغراض السياحية والتي تفضل على غيرها من الرواسب كالطينية والحصوية، كما تستغل في بناء المشاريع الهندسية المختلفة، شكل رقم (8 – 3 ب) انواع من الرمال البحرية.

شكل رقم (8 – 3 ب) انواع من الرمال البحرية

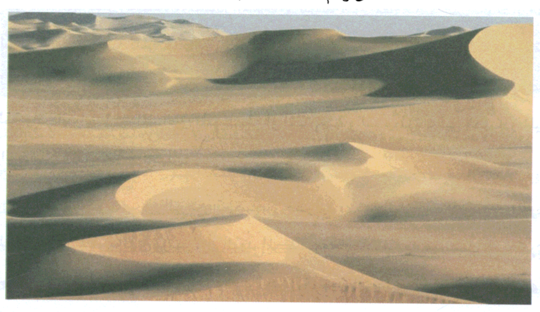


3 – رمال صحراوية.

يعود وجود تلك الرمال الى الرياح التي جلبتها من أرجاء الصحراء الواسعة ورسبتها في المناطق المنخفضة، او جلبتها السيول الناتجة عن زخات مطرية شديدة فتجمعت بكميات كبيرة عند نهاية موجات تلك السيول، وهي ذات لون يميل الى الاحمرار او الاصفرار متميز عن الأنواع السابقة، وفي الغالب تكون ظاهرة على سطح الارض او تغطيها طبقة غير سميكة من التربة، وتستغل في مجالات عدة بعد غسلها وتنظيفها من الأملاح والمعادن الطينية التي اذا كانت بنسبة كبيرة تجعلها غير صالحة للاستعمال في مجال العمران، ويوجد في الصحراء رمل ناصع البياض والذي يعد من المواد الاولية في صناعة الزجاج، وتوجد كميات كبيرة منه في الصحراء الغربية من العراق لذا تم انشاء مصنع في المناطق القريبة منه، شكل رقم (8 – 3 ت)الرمال الصحراوية.



شكل رقم (8 – 3 ت)الرمال الصحراوية



المبحث الثاني – دور التضاريس الأرضية في العمليات العسكرية العسكري.

أولاً – التضاريس الارضية والعمليات العسكرية

اوصى عمر بن الخطاب قائده سعد بن ابي وقاص رضي الله عنهما ، اذا وطئت ارض العدو تعرف على الارض كلها كمعرفة اهلها ، فتصنع بعدوك كصنعه بك.

ومن الامثال العربية ، قتلت ارض جاهلها وقتل ارضا عالمها ، وقال المفكر الصيني سون تسي قبل 2500 سنة في كتابه فن الحرب، ان اولئك الذين لايعرفون احوال الجبال والغابات والاودية الخطرة والسبخات والمستنقعات لايمكنهم قيادة جيش. (1)

في بداية ظهور الإسلام فقد كان الرسول الأعظم محمد صلى الله عليه وسلم عندما يريد نشر الدعوة الإسلامية في منطقة ما من الجزيرة العربية يرسل شخصين لجمع المعلومات عن الوضع التضاريسي لتلك المنطقة والطرق والمسالك المؤدية أليها والمواقع الدفاعية الجيدة ومصادر المياه، وغيرها من المعلومات التي يستفاد منها الجيش عند دخوله تلك المنطقة، ولذلك استخدم المسلمون ستراتيجيات متنوعة في القتال بما يتناسب وطبيعة الارض التي دارت عليها المعارك، مثل حفر الخنادق وعمل السواتر الترابية في المناطق المنبسطة او المفتوحة والسيطرة على مصادر المياه والتحصن عند سفوح الجبال.

وقد ظهر بمرور الزمن تخصص جغرافي يهتم بالجوانب العسكرية ودور المكان في ذلك، والذي يربط بين البعد المكاني وما يتلائم معه من عمل عسكري، وسمي بالجغرافيا العسكرية، وتعد احد تخصصات علم الجغرافيا الذي يهتم بالشؤون العسكرية، من حيث العلاقة بين العمل العسكري والظواهر الطبيعية

والبشرية (جبال، وديان، سهول، صحراء، مستنقعات، وسبخات، انهار، مناخ، مدن، طرق، جسور، وغيرها)، سواء ما يتعلق بسير العمليات العسكرية الحربية او الدعم اللوجستي لادامة المعارك.

والذي يهمنا في هذا المجال العلاقة بين العمليات العسكرية وطبيعة سطح الارض من حيث التضاريس ونوع مكوناتها من تربة وصخور والوضع الهيدرولوجي، شكل رقم (8 – 4) يبين مظاهر سطح الارض.

شكل رقم (8 – 4) يبين مظاهر سطح الارض



ان الاهتمام بطبيعة الارض للأغراض العسكرية كان منذ القدم، حيث اهتم الرومان بدراسة الارض للأغراض العسكرية منذ القرن الثالث الميلادي لتأمين حاجة جيوشهم من مستلزمات حسب طبيعة الارض التي يخططون لاحتلالها، ولذلك تميزوا عن غيرهم في دراسة الارض من خلال عمليات المسح المستمرة لمناطق واسعة سيطرت عليها جيوشهم في أوربا وأفريقيا واسيا، حيث كانوا يقومون بمسوحات للأرض التي سيمر عبرها الجيش لمعرفة الوضع الطوبوغرافي لتلك الارض والقيام

بوضع وتحديد أدلة أرضية متميزة يسترشد بها الجيش لكي لا يظل طريقه، كما تم أعداد خرائط طوبوغرافية تتضمن المسالك والطرق والظواهر الطبيعية والبشرية من جبال وانهار ومدن وقرى، والمسافات الفاصلة بينها لتستفيد منها الجيوش في تحركها، وكان يرافق كل فرقة عسكرية رومانية عدد من الطوبوغرافيين الذين يقومون بجمع المعلومات عن طبيعة الارض وما تتضمنه من ظواهر يتم تثبيتها على الخريطة التي ترسم على ورق أو قماش او تنقش على المعادن والصخور، وقد تم العثور على بعض منها تعود الى القرن الثالث الميلادي.

وبمرور الزمن ومع التطور التكنولوجي وما صاحبه من تنوع في الأسلحة وصنوف الجيش أصبحت الحاجة الى المعلومات الجيومورفولوجية أكثر مما كانت عليه سابقا، حيث تفرض طبيعة سطح الارض وما تتضمنه من تضاريس نوع القوات العسكرية التي تستخدم في المعركة والمستلزمات التي تتطلبها التحركات والعمليات العسكرية، وهذا يعني ان تحليل الارض للأغراض العسكرية يهدف الى التنبؤ بقدرة الآليات على الحركة عبر تلك الاراضي وتأثير ذلك على العمليات العسكرية، وخاصة حركة القوات البرية والمركبات المجنزرة والمدولبة، وتحديد العوائق الطوبوغرافية التي تعترض تحركها، كالانحدارات الشديدة والأراضي الوعرة وطبيعة التكوينات السطحية كالكثبان الرملية والتربة الهشة والجلاميد والكتل الصخرية والمسطحات المائية والأنهار والاودية وأعماقها، ونوع العوائق البشرية من أبنية وخنادق ومشاريع، وقد يكون من الصعب اجتياز بعض تلك المعوقات لذا يتم اختيار مسار بديل والذي قد يكون اطول مسافة فيؤخر وصول تلك القوات الى الهدف المرسوم لها، وهذا يعطي فرصة للعدو في اتخاذ التدابير اللازمة لمواجهة تلك القوات، او قد يكون الطريق الجديد مكشوفا للعدو وتحت تأثير نيران أسلحتهم فتصاب تلك القوات بخسائر.

وقد يحتاج كل نوع من تلك المعوقات الى آليات مناسبة لتجاوزها ، ففي المناطق الرملية والتربة الهشة والجلاميد ومناطق الكتل الصخرية تستخدم آليات مجنزرة ، وفي مناطق المستنقعات تستخدم برمائيات، وفي عبور الانهار تستخدم جسور متحركة ، وعند الوديان تستخدم جرا فات لتسوية وتعديل السفوح الشديدة الانحدار.

ومظاهر السطح تتحكم في نوع صنف الجيش والسلاح الذي يستخدم في المعركة ، ففي المناطق الجبلية الوعرة لايمكن استخدام المدرعات والدبابات لانها لا تستطيع الحركة بمرونة ، لذا يتم الاعتماد على المشاة والمظليين والطيران والإسناد المدفعي على نطاق محدود ، ولهذا لا تحسم المعارك في المناطق الجبلية بسهولة وتتطلب وقتا اطول مما في المناطق الأخرى الأقل تضرسا والتي تستخدم فيها كل انواع الصنوف والأسلحة فيكون التفوق للقوات التي تستخدم أسلوبا محكما في خطط الهجوم والدفاع.

ومن الجدير بالذكر ان أهمية الارض في العمليات العسكرية لا يقتصر على المظهر العام للأرض وتكويناته السطحية بل يشمل التي تحت السطحية ومدى ملاءمتها لعمل الخنادق والملاجئ والمخابئ لاخفاء المقاتلين والآليات، فإذا كانت ذات تكوينات صخرية صلبة او رملية سميكة الطبقات فمن الصعب عمل خنادق ومخابئ فيها ، اذ يصعب حفر الارض الصخرية ومن السهل حفر الرملية الاانها سريعة الانهيار ولايمكن حفرها على عمق كاف لعدم تماسكها.

كما يكون لارتفاع مناسيب المياه الجوفية اثر كبير على ذلك، حيث لايمكن حفر المخابئ على عمق كبير فتغمرها المياه، وهذا ما يجعل القوات مكشوفة في مثل تلك المناطق وعرضة لنيران العدو فتمنى بخسائر مادية وبشرية ،

ومن الشواهد على ذلك العمليات العسكرية في حوض باريس شمال فرنسا فهو عبارة عن ارض منخفضة مناسيب المياه الجوفية فيها مرتفعة فعندما غزت القوات الألمانية فرنسا ووصلت الى تلك المنطقة لم تستطع تلك القوات من حفرملاجئ لها فتمكنت القوات الفرنسية من إيقاع خسائر كبيرة فيها.

كما يكون للممرات الضيقة اثر كبير في العمليات العسكرية ومن الأمثلة على ذلك سهل الفلاندوز الذي يمتد الى الشمال من حوض باريس ويضيق بالاتجاه نحو الشرق فيكون عبارة عن بوابة يسهل التحكم بها غرب بلجيكا ، لذلك خسر نابليون أمام الألمان الذين سيطروا على هذا الممر الستراتيجي، والذي ضمن لبلجيكا استقلالها منذ فترة طويلة لعدم رغبة كل من ألمانيا وفرنسا في السماح لدولة اخرى باحتلال بلجيكا.

ومن الشواهد الأخرى خسارة نابليون في روسيا والجيش الألماني والإيطالي في ليبيا لعدم توفر معلومات عن طبيعة الارض التي غزوها ، فرغم تفوق الآلة العسكرية الاان خبرة سكان تلك المناطق بأرضهم مكنهم من طرد الأعداء.

وتعد الحرب العراقية الإيرانية من الحروب الفريدة لانها شملت جبهة طولها اكثر من 1000 كم وعلى ارض متنوعة التضاريس من جبلية الى متموجة ومنبسطة ومستنقعات وانهار ووديان ورملية وسبخة ، والتي استمرت ثماني سنوات واستخدمت فيها كل انواع الأسلحة وصنوف الجيش وفنون القتال بما يتلائم وطبيعة كل منطقة.

وفي الولايات المتحدة أجريت دراسات وتجارب حربية فوق أراضيها للتعرف على العلاقة بين العمليات العسكرية ونوع التضاريس والجوانب التي يجب مراعاتها عند تحليل الارض للاغراض العسكرية ومها مايأتي:

1) إمكانية اجتياز الاراضي وعبورها.

2) مدى سرعة سير المقاتل فوق الارض حسب طبيعة التكوينات السطحية اذا كانت رملية، حصوية، طينية، صخرية.

3) قدرة تحمل المقاتل مشاق السير والانتقال فوق الاراضي الصحراوية وفي ظل ظروف مناخية قارية ليلا ونهارا.

4) سرعة الدبابات والسيارات ومركبات الحمل فوق الاراضي الصحراوية المختلفة، الرملية والحصوية والصخرية والسبخات.

5) الاراضي الصالحة لمد الطرق البرية فوقها، وخصائص الطريق حسب نوع التكوينات التي يمر عبرها وطبيعة انحدار السفوح التي يقطعها.

6) افضل المناطق لاقامة مطارات مؤقتة.

7) المناطق المناسبة لهبوط رجال المظلات.

8) تعيين الاراضي الصالحة لحفر مخابئ سرية وممرات تحت سطح الارض.

9) مناطق وجود المياه الجوفية الصالحة للشرب، وافضل المناطق لحفر الآبار فيها.

10) مدى ملائمة المنطقة الصحراوية والجبلية لحرب العصابات.[15]

أن الجغرافيا العسكرية لم تظهر كعلم له تعريفاته إلاّ مؤخراً، فإن الأهمية التي تكتسبها الجغرافيا والأرض في الحرب قديمة قدم التاريخ، فلم يكن علماء الجغرافيا العسكرية لتحليل الأرض لجيش أثينا المؤلف من عشرة آلاف جندي أثناء دفاعه عن سهول "ماراثان" عام 490 ق. م، غير أن قادة ذلك الجيش قد وضعوا في حسباتهم أهمية الأرض عند مناقشتهم لخطة المعركة على المنحدرات المطلة على جيش الفرس الذي كان يتولى قيادته "دايروس" الأكبر على الشاطئ. وعلى النقيض

من ذلك فإن جيش الفرس الذي كان يفوق الإغريق عدداً بنسبة 6:1 – لم يضع أهمية للأرض عند اتخاذه قرار النزول إلى اليابسة، وإقامة معسكر على سهول "ماراثان"، فجعلوا البحر خلفهم والجبال أمامهم والأنهار والمستنقعات على أجنحتهم. ولذلك لم يتوفر لهم مجال كاف للمناورة ضد "فالاناكس" الإغريق، وكاد أن يبيدهم عن بكرة أبيهم بعملية التفاف مزدوج.

وبعد عشر سنوات من تلك الواقعة، أي عام 480 ق. م، زحف قائد فارسي آخر يدعى "اكسيرس" على رأس جيش كبير لكسر شوكة الإغريق، وكان قوام ذلك الجيش (150 الف) جندي، وقوة بحرية تبلغ (4200 سفينة)، فاستغل الإغريق رغم قلة عددهم معرفتهم الجيدة للأرض في اختيار مواقعهم الدفاعية، وتضمنت هذه الخطة الدفاعية البسيطة تمركز قوة حماية صغيرة عند ممر ضيق في مركز "ثيرمابيلي"، وفي هذا الموقع، أبلى جيش صغير قوامه (000، 7) جندي بلاءً حسناً لصد الجيش الفارسي المؤلف من (150000) جندي، وما كان ذلك ليحدث لولا طبيعة الأرض، فقد كان عرض ممر "ثيرمابيلي" لايتجاوز كيلومتر واحد، وعلى أحد جانبيه البحر وعلى الجانب الآخر جبال شديدة الانحدار، وبالاستخدام الامثل للأرض منع القادة الإسبارطيون جيش الفرس من حشد كافة طاقاته، وتمكنوا من تثبيت ذلك الجيش لعدة أيام، حتى وجد قائد الفرس "اكسيرس" ممراً بين الجبال نفذ من خلاله سيراً على الاقدام ليلياً، وأخذ الجيش الإسبرطي على حين غرة من مؤخرته، ورغم أن جيش الفرس قد كسب تلك المعركة إلاّ أن عملية الإعاقة الناجحة التي نفذها الإسبارطيون قد تسببت في خسارتهم للحرب في نهاية المطاف. أن قوة عسكرية صغيرة قد تمكنت من هزيمة أو إعاقة جيش يفوقها عدداً بفضل الاستخدام الحاذق للأرض، وهناك عديد من الأمثلة الأخرى على براعة القادة في استغلال الأرض لتحقيق نصر صعب المنال، فعلى سبيل المثال، تُعد المناورة الأسطورية

التي قام بها الجنرال الأمريكي "استونوول جاكسون" في وادي "شناندوا" عام 1862م مثالاً رائعاً لمعرفة الأرض.

وفي عام 1940م تفادى الجيش الألماني شن هجوم أمامي، واخترق غابة "الأردنيز" الكثيفة بتسع فرق بانزر للالتفاف حول خط "ماجينو"، مما عجل بانهيار الجيش الفرنسي القوي.

مثال أخر، وضع المصريون في عام 1973م خطة بارعة للقضاء على المزايا الأرضية التي يتمتع بها الإسرائيليون من جراء إقامتهم لخط بارليف لحمايتهم من ناحية قناة السويس، ونفذ المصريون الخطة بدقة متناهية حتى أجبروا الإسرائيليين على الخروج من تحصيناتهم وتاهوا على وجوههم في صحراء سيناء. ومن الامثلة ايضا جيشاً اتحادياً أمريكياً صغيراً ومعه قوة بحرية قد اعترضته نقطة دفاعية حصينة اتخذها المتمردون عند أحد تعرجات نهر المسيسبي. وقد انتخب المتمردون هذه القاعدة – التي أطلق عليها اسم الجزيرة رقم (10) بعناية فائقة، إذ تتوافر لها الحماية من المستنقعات والأراضي المغمورة بالمياه ومن النهر نفسه، ومن الواضح أن المتمردين كانوا يتمتعون بمزايا أرضية جيدة بسبب عدم وجود طرق اقتراب برية إلى القاعدة دون عبور النهر، ولكن موقع القاعدة يفصل بين الجيش الاتحادي وسفنه الحربية المساندة، وكان على القائد الاتحادي الجنرال بوب إخضاع معقل المتمردين لأن المهمة المنوطة به تتمثل في فتح نهر المسيسبي للملاحة حتى مدينة ممفيس في ولاية تنيسي، وهكذا لم يكن أمامه سوى خيارين، إما شن هجوم أمامي عبر النهر على الجزيرة رقم (10)، أو تنفيذ انسحاب يستغرق وقتاً طويلاً، ومن ثم اللجوء إلى وسائل أخرى لإجبار المتمردين على الخروج من قاعدتهم، ولكن الوقت لم يكن في صالح الجنرال بوب، مما اضطره إلى إيجاد حل بسيط أسفر عن تجريد المتمردين من المزايا الأرضية التي كانوا يتمتعون بها، وقلب

جغرافية المنطقة إلى شرك لايمكن الافلات منه، وهكذا تمكن الجنرال بوب - بفضل استخدامه الجيد للأرض من عبور النهر، وإجبار القاعدة على الاستسلام دون خسائر تذكر، ووقع بين يديه (7000) أسير من المتمردين وعدد كبير من الأسلحة، وفتح نهر المسيسبي للملاحة حتى مدينة ممفيس.

الأنهار والعمليات العسكرية:

كان للأنهار دوراً حاسماً في الحرب، إذ إن الأنهار بما فيها من تعرجات وسهول تغمرها الفيضانات تتسبب في مشاكل تكتيكية وهندسية جمة، وكانت الأنهار الواسعة ذات التيار الجارف تمثل عقبة كؤود لم تتمكن الجيوش القديمة من عبورها، الا أن التطورات التقنية التي طرأت قد تبعها تحسن في تكتيكات عبور الأنهار، بيد أن تلك الابتكارات لم تضمن النجاح التام بسبب التأثيرات الكبيرة الناجمة عن عوامل العدو، والجغرافية، والطقس، ولعل خير شاهد على ذلك الكارثة التي حدثت أثناء محاولة عبور نهر الراين في إيطاليا خلال شهر يناير 1944م، وعملية الإنزال الجوي الفاشلة التي نفذها الحلفاء لعبور نهر الراين أيضاً في شهر سبتمبر 1944م. كما أن الصعوبات التي واجهتها الفرقة الأولى المدرعة الأمريكية لعبور نهر "سافا" إلى البوسنة في شهر يناير 1996م تعكس التعقيدات التي تكتنف عمليات عبور الأنهار، ورغم أن الفكرة السائدة عن الأنهار أنها تشكل عوائق، إلاّ أن الجيوش الغازية قد استخدمت تلك الأنهار كطرق رئيسة في غزوها. ولعل أوضح مثال على ذلك ما حدث في مسرح العمليات الغربي أثناء الحرب الأهلية الأمريكية. (16)

ثانياً – دور مظاهر السطح في حروب افغانستان

تعبر الاحداث التي مرت عن مفاهيم كثيرة استفادت منها الاجيال اللاحقة، ونحن في اطار العلاقة بين

العمليات العسكرية والتضاريس، وهنا لابد من الاشارة الى دور طبيعة الارض الليبية في المعارك التي خاضها المجاهدون الليبيون بقيادة البطل عمر المختار ضد الايطاليين المحتلين في بداية القرن الماضي، ان ارض ليبيا تمتاز بتضرسها، وهذا كان له الاثر الكبير في انتصار المجاهدين على الطليان رغم تفوقهم بالعدة والعدد، فضلا عن عامل مهم اخر هو الايمان بعدالة قضيتهم وهو الدفاع عن الوطن ضد المحتل، فقد كان للتلال والوديان والساحل والصحراء الدور الفاعل في التغلب على المحتل، ان سكان البلد ادرى بطبيعته، لذا تم استخدام تلك الخصائص ضد عدوهم، وتعد معركة وادي الكوف في منطقة الجبل الاخضر شمال شرق ليبيا من اشرس المعارك بين الطرفين والتي تكبد فيها العدو خسائر فادحة بالارواح والمعدات.

ومن الشواهد على اثر الوضع التضاريسي على العمليات العسكرية في اواخر القرن الماضي الحرب بين العراق وايران (1980 – – – 1988)، والتي استمرت ثمان سنوات بشكل متواصل، ودارت معارك ضارية في مناطق مختلفة الخصائص، حيث دارت معارك في المناطق الجبلية والهضبية والسهلية والاهوار والمستنقعات والسبخات والانهار والمدن، وقد كان لخبرة القادة العسكريين بطبيعة الارض الدور الفاعل في نجاح المعركة وتحقيق الاهداف، لذا مني الطرفان بخسائر بشرية ومادية كبيرة لكون المعارك مرة تدور في الاراضي الايرانية وتارة اخرى في الاراضي العراقية، ومن اهم المعارك الشرسة التي تخطر ببالنا سربيل زهاب والبسيتين وهور الحويزه وكيلان غرب والمحمرة والفاو والكارون ونهر جاسم.

اما معارك القرن الحالي فهي المعارك في افغانستان مع المحتلين الامريكان وحلفائهم، أفغانستان أرض جبلية وعرة، تضم سلاسل جبلية تغطي ثلثي مساحة الدولة، ويصل متوسط ارتفاعها حوالي 2200 متر، ويصل ارتفاعها حوالي 8000 متر في مرتفعات باميير في الجزء الشمالي الشرقي، ولذلك كان للممرات الجبلية دور

بارز في العمليات العسكرية لكونها أرض يصعب فيها العمل العسكري، وتمثّل جبال هندكوش حاجزاً بين الولايات الشمالية وبقية أجزاءالدولة، وتقسم ارض افغانستان إلى ثلاثة أقاليم بارزة، المرتفعات الوسطى، والسهول الشمالية، والسهول المنبسطة في الجنوب الغربي. (De Blij and Muller, 2000) وتشكل المرتفعات الوسطى حوالي 70٪ من أرض أفغانستان، ويتكون هذا الإقليم بصفة أساسية من جبال هندكوش التي تحتل الجزء الأوسط من البلاد، وهي مرتفعات وعرة تسقط عليها الثلوج ويصعب اختراقها، وتمتد لمسافة 1000 كم في اتجاه الجنوب الغربي من ممر بوخان الضيق بالقرب من الحدود الإيرانية في الغرب، وبالإضافة إلى سلسلة جبال هندكوش تنتشر سلاسل جبال أخرى في جميع الاتجاهات، مثل سلسلة جبال بامير شمال شرقي ممر بوخان، وسلسلة جبال بادقشان شمال شرق أفغانستان، وسلسلة جبال بارو بامسيوس، في الشمال، وسلسلة جبال سفيد كوه التي تشكل جزءاً من الحدود الأفغانية الباكستانية.

اما السهول الأفغانية الجنوبية من سهول فهي مرتفعة وصحارى رملية، وهي الأراضي المنخفضة في أفغانستان، وتشمل سهول تركستان وأراضي حيرات في الشمال الغربي، وحوض نهري سيستان وهيلماند في الجنوب الغربي، وصحراء ريفستان في الجنوب.

وتتصف التربة في هذه المناطق بالخصوبة الشديدة باستثناء الأراضي الواقعة على ضفاف الأنهار في الشمال الغربي، ويبلغ متوسط الارتفاع في هذه المنطقة حوالي 900 متر فوق مستوى سطح البحر، وتسهل حركة القطعات العسكرية في معظم هذه المناطق، إلاّ أن عدد السكان بها قليل، ولا تتوفر فيها بنى تحتية تستفاد منها القوات العسكرية، فضلا عن تعرض المنطقة الى العواصف الرملية في الصحارى والسهول الجدباء، مما يعرقل العمليات الجوية.

وفيما يخص السهول الشمالية فهي أكثر أراضي أفغانستان خصوبة، وهي تمثل حوالي 15٪ من مساحة الدولة، وتتكون من سهول يخترقها نهر أموداريا، ويبلغ متوسط ارتفاعها حوالي 600 متر فوق مستوى سطح البحر.

وتاريخ أفغانستان حافل بالمواجهات ضد الجيوش الغازية كالجيوش الروسية، ومن قبلها البريطانية، التي مُنيت بالإخفاق في هذه المنطقة.

وهناك ثلاث اعتبارات عسكرية ترتبط بأراضي أفغانستان الوعرة هي، النقل والارتفاع والأرض، فيما يتعلق بالنقل، يتبين أن الأودية الجبلية المنحدرة هي السبيل الوحيد للحركة، حيث تكون الطرق ضيقة ومعظمها غير مغبدة، ويشكّل ذلك عائقاً للحركة الأرضية، وتعرقل إمدادات القوات، لذا تستخدم فيها أحياناً قوافل الحيوانات، والحركة على الطرق محفوفة بالمخاطر، ومعرضّة للهجوم أو سد الطرق أمامها، خاصة في فصل الشتاء، كما تعيق المنحدرات امكانات النقل، حيث تجعل تلك المنحدرات السيارات والحيوانات تنوء بأحمالها، ويتعذر النقل على الطرق التي تخترق المناطق شديدة الارتفاع، لأن المحركات التي تعمل بالاحتراق الداخلي لا تتمكن من العمل لنقص الأوكسجين في المناطق المرتفعة، وأخيراً فإن النقل في هذه المناطق يشكل خطورة بالغة.

ونظراً لكثرة الجبال الشاهقة في أفغانستان، فإنها تعتبر بمثابة أرض حيوية ونقاط عسكرية خانقة تستخدمها مجموعات صغيرة من المقاتلين الأشداء، وقد استفاد الروس من هذا الدرس بعد أن ألحق المقاتلون خسائر جسيمة بصفوفهم، ودأبوا على تدميرهم من خلال السيطرة على الممرات الحيوية.

ويكتسب الارتفاع أيضاً أهمية كبيرة عند تخطيط العمليات، فعلى سبيل المثال تفرض تعليمات الطيران أن يضع طاقم الطائرة وركابها أقنعة الأوكسجين على أفواههم عند التحليق على ارتفاعات تزيد على 4000 متر، وفي أراضي أفغانستان الجبلية قد يُطلب من الجنود القتال على ارتفاعات تزيد عن تلك الارتفاعات المشار إليها في تعليمات الطيران، لذلك تنتشر أمراض الارتفاعات العالية، لنقص الأوكسجين، والإجهاد البدني في هذه الارتفاعات الشاهقة، حتى بين الجنود المدربين جيداً والمزودين بالمعدات اللازمة.

كما أن المناطق الجبلية المرتفعة تتصف بالبرودة الشديدة والتغيّر السريع في درجات الحرارة، والرياح الشديدة، فتتضافر كل هذه العوامل في تقليل فعالية القتال وإجهاد الجنود، ومن المشاكل الأخرى التي تحدث في الجبال العالية كثرة العواصف العاتية التي تهب فجأة، خاصة في فصل الشتاء، وتشكل جميع هذه العوامل خطورة على العمليات العسكرية والجنود، وتعرقل عمل الإسناد الجوي وعمليات الإمداد والتموين، وتعيق الأراضي الجبلية حركة القوات وحشدها، كما تحدّ الممرات الضيقة والتلال الجبلية من الرماية المباشرة وغير المباشرة بعبدة المدى. وتنتشر الكهوف في أودية الجبال لتختفي فيها القوات، وتوفر الأرض الوعرة مزايا للمدافعين الأمر الذي يحدّ من إمكانية إجراء مناورات كبيرة ومنسقة بقوات تقليدية، لذا تكتسب عمليات الوحدات الصغيرة أهمية كبيرة ويصبح نصب الكمائن وتكتيكات الكر والفر هو الاسلوب الرئيسي للعمليات العسكرية في هذه المناطق، وتتطلب هذه العمليات قوات محلية خفيفة وسريعة الحركة ولديها معرفة تامة بطبيعة الأرض، شكل رقم (8 – 5)خريطة افغانستان الطبيعية.[17]

شكل رقم (8 – 5)خريطة افغانستان الطبيعية



ثالثاً – اهمية الخرائط في مجال العمليات العسكرية

تكمن أهمية الخرائط في تعدد أغراضها، وفي كونها أداة عالمية يجمع على استخدامها والاستفادة منها العديد من ذوي الاختصاص، وللخرائط دوراً هاماً في المجال العسكري بشقيه الدفاعي والهجومي، وخصوصاً بعد اتساع رقعة الحروب وتعدد أساليبها وتضخم حشودها، الأمر الذي أدى إلى الاستعانة شبه المطلقة بالخريطة (إذا استثنينا عمليات الاستطلاع الميداني القريب)، في تلبية حاجات القادة العسكريين في معرفة مسرح العمليات من الناحية التضاريسية، والمعوقات الطبيعية، وتحديد مناطق التجمع المناسبة للقوات الصديقة، وتحديد الأهداف المعادية، واختيار الوسائل المقترحة للتمويه والإخفاء والحركة طبقاً لطبيعة المنطقة، وتعيين المواقع المختلفة من قواعد للتموين والإمداد، ومستشفيات ميدانية، وطرق للاقتراب، وحدود المسؤولية للوحدات الصديقة، ومناطق الاشتباك وغيرها، ولغرض الاستفادة من معلومات الخريطة لابد من مراعاة الجوانب الاتية

1 – فهم محتويات الخريطة

يتطلب تحقيق المهام السالفة الذكر أن يكون لدى العسكريين المهارات الأساسية لقراءة الخريطة، ونعني بالمهارات الأساسية في قراءة الخريطة، الوصول لدرجة الإتقان وتحقيق العناصر الأساسية الاتية :

أ. فهم رموز الخريطة، بما تعنيه من تفاصيل

ب. فهم طبيعة المنطقة المشمولة بالخريطة

ج. إجراء المقارنات اللازمة ولغايات متعددة

د. تقدير المسافات ومعرفة الاتجاهات والفرق في الارتفاعات

ه. دراسة تضاريس المنطقة من خلال مدلولات خطوط الكنتور ونقاط المناسيب

و. تقدير دقة المعلومات الممثلة على الخريطة

ز. معرفة تامة بكل ما تعنية المعلومات الهامشية

ح. فهم المقياس الرسمي ومعرفة كيفية استنباط القياسات

ط. ربط ما على الخريطة بالطبيعة، ومعرفة كيف يمكن تتبع المسالك والتفاصيل المختلفة في الطبيعة بالاهتداء بالخريطة (تحديد المواقع والإحداثيات)

2 – اتقان عناصر الخريطة

يوجد في هامش الخريطة معلومات رئيسة لازمة لقراءة الخارطة، وتحديد دقتها، ومدى ملاءمتها للغرض المطلوب، ومميزات أخرى، وتشتمل المعلومات الهامشية على مجموعة من الإيضاحات التي تختلف من خريطة لأخرى، ومن مصنع لآخر، ومنها :

أ. اسم الخريطة: يكتب اسم الخريطة في مكانٍ بارز في اعلاها او هامشها، ويكون عادةً في أعلاها، والاسم لا يؤخذ من فراغ، بل من أبرز ما تحتويه الخريطة من معالم طبيعية او بشرية، فمثلاً الخريطة التي تتضمن جبال وسهول ووديان تسمى طبيعية، والتي تتضمن مواقع للعدو واماكن للمعسكرات تسمى عسكرية .

ب. نظام ترقيم اللوحات: تحتوي معلومات هذا النظام على ثلاث بيانات رئيسة هي: (التسلسل، ورقم الطبعة، ورقم اللوحة)، ويوجد في أماكن مختلفة في الخريطة داخل مربع صغير .

ج. قيمة الفاصل الكنتوري: خطوط الكنتور هي خطوط وهمية ترسم على الخريطة الطوبوغرافية وبشكل متدرج يدل على وقوع جميع النقاط التي يسير عليها هذا الخط في ارتفاع واحد، وقيمته رقم ثابت تبعاً لمقياس الرسم، فمثلاً الخريطة ذات مقياس الرسم (1/250000 الفاصل الكنتوري (الرأسي) لها 50 متراً ..

د. المعلومات المغناطيسية: تمثيل المعلومات بواسطة رسمٍ يوضح العلاقة بين ما يمثل اتجاهات الشمال الثلاثة، (المغناطيسي، والتسامتي، والحقيقي) في مركز كل لوحة، ومن خلال هذا الرسم يمكن توضيح الزاوية التسامتية المغناطيسية، والانحراف التسامتي، وفي بعض الحالات يمكن إيضاح قيمة الانحراف المغناطيسي، ويتم الحصول على قيمة الزاوية المغناطيسية، (ISOGONIC) عن طريقة الاميرالية البحرية الأمريكية (IGRF)، وتصدرعلى شكل خرائط خاصة ويتم تحديث إنتاجها، كل خمس سنوات، وفي العادة

تكون دقة الزاوية التسامتية المغناطيسية إلى أقرب (30) دقيقة أو ما يعادلها بالأميال .

ه. معلومات أخرى لا يتسع المجال لذكرها ، ويمكن إيجازها بما يلي: (دليل الخرائط المجاورة ، واسم السلسلة ، ومفتاح المصطلحات ، ومقياس الرسم الخطي والبياني ، درجة السرية بالنسبة للخرائط العسكرية ، وشرح المصطلحات.. إلخ

3 – قراءة احداثيات الخريطة:

خطوط الطول ودوائر العرض (نظم الإحداثيات الجغرافي القديم) ، ويمكن تحديد المواقع على سطح الأرض بعدة طرق ، منها النظام القديم الذي يعبر عن أي موقع على الخارطة بتقاطع خطين (خط طول ، وخط عرض) ، حيث يمكن مثلاً التعبير عن موقع ما بالإحداثيات التالية (24˚139) (46˚3445).

فالرقم (46) يعبر عن رقم خط الطول ويقاس بالدرجة (˚) ، وهو بعد الموقع بالدرجات عن خط جرينتش المنصّف للكرة الأرضية رأسياً ، والذي يمر بمدينة جرينتش ببريطانيا ، حيث تقع شرقاً ب (46) من مركزها ، والرقم (34) يعبر عن جزء من الدرجة ، وأجزاء الدرجة تسمى بالدقائق – الدرجة 60 دقيقة – والرقم (45) هو جزء من الدقيقة ، ويسمى بالثواني – الدقيقة الواحدة (60) ثانية. أما ألإحداثي السفلي فهو كالتالي: (24) تدل على بعد الموقع عن الخط المنصِّف للكرة الأرضية عرضياً ، وهو خط الاستواء ، والأرقام الأخرى أجزاء من الدرجة بالدقائق ثم الثواني على التوالي.

إلا أن هذا النظام لتحديد المواقع لم يكن سهلاً في إعطائه وقراءته ، وكان معقداً لدرجة جعلت العلماء يحاولون البحث عن نظام أسهل وأسرع.

ب: نظام الإحداثيات التربيعية الحديثة

يثبت هذا النظام على شكل مستطيلات فوق النظام الجغرافي، مما سهّل تحديد المواقع وقياس المسافات والزوايا. وهذا النظام يمكن تسميته بنظام الإحداثيات التسامتية أو المترية، ويقرأ كالتالي: 2768906 N 38 R 645788 E. فالرقم (38 R) هو رقم المنطقة التسامتية التي تقع ضمنها الخارطة، والأرقام (645688) تدل على بعد الموقع عن خط الطول المنصّف للمنطقة التسامتية بالأمتار وليس بالدرجات كما في النظام السابق، والأرقام (2768906) تدل على بعد الموقع عن خط الاستواء بالأمتار، والحرفان(N) و (E)يدلان على وجه الموقع شرقاً وشمالاً على التوالي.

كما أن هناك نظام عسكري (U. T. M GRID) لا يختلف كثيراً عن النظام التسامتي، ويمكن قراء ته كايلي:

38 RPN 46742743 لأقرب 10

38 RPN 467524 لأقرب 100

38 RPN 3289 لأقرب 1000

حيث إن (R 38) هو رمز المنطقة التسامتية، و (PN) هو رمز مربع ال 000,100 الذي تقع ضمنه الخارطة، وبقية الأرقام هي الإحداثيات مقربة إلى 1000 و 100 و 10 على التوالي.

ج- الالمام بالاتجاهات والانحرافات

تستخدم الاتجاهات في حياتنا اليومية، مثل: اتجه أو انحرف يميناً أو يساراً، لكن السؤال هنا هو إلى يمين ماذا؟ وإلى يسار ماذا؟.

يطلب العسكريون دائماً تحديد اتجاهات مسنودة إلى مرجعٍ معين أو نقطة أصل يمكن الرجوع إليها من أي نقطة على سطح الأرض، ومن هنا كان تحديد الاتجاه بوحدات يمكن قياسها من الزوايا، وقد ظهر العديد من الطرق لقياس الاتجاهات، منها الدرجات وتقسيماتها (الدائرة 360)، والملزات وتقسيماتها (الدائرة 6400 ملز)، والقراد وتقسيماته (الدائرة 400 قراد)؛ وهذه الطرق تستخدم مع الوحدات المترية.

ويحتاج تحديد أي اتجاه إلى نقطة بداية أو نقطة صفر يبدأ منها القياس، ونقطة أخرى تسمى نقطة المرجع، وهاتان النقطتان تحددان خط المرجع أو خط الأساس، لذا فهناك ثلاثة خطوط مرجع أو أساس هي: خط الشمال الحقيقي الذي يرمز له عادة بنجمة، ويدل على اتجاه القطب الشمالي؛ وخط الشمال المغناطيسي، الذي يرمز له بنصف سهم، ويدل على اتجاه إبرة المغناطيس الحرة والبعيدة عن المؤثرات؛ وخط الشمال التسامتي (التربيعي) ويرمز له بالحرفين (GN) وهما أول حرفين من اسمه باللغة الانجليزية، ويدل على اتجاه خطوط الشرقيات للشبكة التربيعية، وأكثرها استخداماً في المجال العسكري هما الشمال المغناطيسي بالبوصلة في الميدان، والشمال التسامتي بالمنقلة على الخارطة.

كما يوجد نوعان من الزوايا: زاوية سمت أمامية(Azimuthal Angle)) ، وهي أكثر الزوايا المستخدمة عسكرياً، وتقاس باتجاه عقارب الساعة من خط الأساس وباتجاه الغرض، كما أن هناك بالمقابل زاوية سمت خلفية معاكسة للزاوية الأمامية، ولإيجادها يتّبع الآتي:

إذ كانت الزاوية الأمامية أقل من 180 درجة، يضاف 180 درجة للحصول على الزاوية الخلفية، والعكس صحيح، هذا بالنسبة للدرجات، أما الملزات إذا كانت أقل من (3200) ملز فإنه يضاف (3200) ملز.

وتبعاً لوجود 3 اتجاهات شمال، (اتجاه حقيقي، ومغناطيسي، وتسامتي) وجميعها تقاس من شمالها باتجاه الغرض مع عقارب الساعة.

ويوجد في كل خريطة مخطط للانحرافات، وخصوصًا في الخرائط من مقياس رسم (50. 000 :1) فأكبر، لمساعدة قارئ الخريطة على توجيهها بالشكل الصحيح، لذا يوجد ثلاث انحرافات هي (انحراف مغناطيسي، وحقيقي، وتسامتي)، ويمكن تعريفها كالتالي:

1) الانحراف المغناطيسي: وهو الزاوية الصغرى المحصورة بين الشمال المغناطيسي شرقاً أو غرباً (منسوباً للشمال الحقيقي).

2) الانحراف التسامتي: وهو الزاوية الصغرى المحصورة بين الشمال الحقيقي والشمال التسامتي شرقاً أو غرباً (منسوباً للشمال الحقيقي).

3) الزاوية المغناطيسية التسامتية: وهي الزاوية الأفقية الصغرى المحصورة بين الشمال التسامتي والشمال المغناطيسي شرقاً أوغرباً (منسوباً للشمال التسامتي).

د- المعرفة بمقياس الرسم، وإجراء القياسات، وتحديد المسافات:

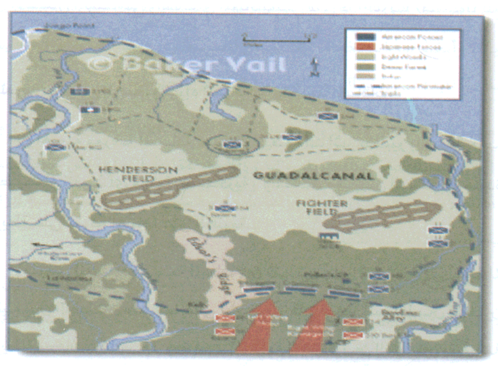
إن أهمية معرفة المسافة على الطبيعة ذات أثر كبير بالنسبة لإجراءات التخطيط أو تنفيذ أي مهمة عسكرية، وتساعد مقاييس الرسم الموجودة على الخريطة على معرفة المسافة على الطبيعة.

ومقياس الرسم هو (نسبة المسافة بين نقطتين على الخريطة إلى نسبة المسافة الأفقية بين النقطتين نفسهما على الأرض)، فلو قسنا المسافة بين نقطتين على الخريطة وكانت (1 سم) وكانت المسافة الأفقية بين النقطتين نفسهما على

الطبيعة (1) كم، كان مقياس الرسم (100. 000 :1)، لأن (1) كم = 100. 000 سم، وتسمى المسافة بين النقطتين على الخريطة بالمسافة المرسومة، ويسمى ما يعادلها على الأرض بالمسافة الطبيعية.

شكل رقم (8 – 6) خريطة عسكرية تضم بعض الرموز والعلامات، ويوضح مقياس الرسم على الخريطة بعدة طرق، منها الطريقة الرقمية، والخطية البيانية. كما تعتبر الخريطة وسيلة لمعرفة الأبعاد بين نقاط مختلفة بالنسبة للعسكريين، وذلك لتوفر الدقة وعامل السرعة، ويتم ذلك القياس بواسطة المسطرة أو حواف الورق أو باستخدام عجلة القياس، وهي طريقة عملية تحتاج إلى التمرس والتنفيذ العملي، وبشكلٍ عام يتم قياس المسافة بين نقطتين باستخدام إحدى الطرق السابقة، ثم وضعها على المقياس البياني الذي يوضح المسافات بالكيلومترات وأجزائها، والأميال وأجزائها، والأميال البحرية وأجزائها.[18]

شكل رقم (8 – 6) خريطة عسكرية تضم بعض الرموز والعلامات



4- الاستفادة من الخريطة الطوبوغرافية.

ان طبيعة السطح في أي مكان يمكن ان يترجم الى خرائط طوبوغرافية توضح طبيعة التضاريس الارضية في ذلك المكان من جبال وهضاب وسهول ووديان، كما يمكن ان تتضمن الظواهر البشرية القائمة في تلك المنطقة من مدن وقرى وطرق، والتي يمكن الاستفادة منها في التقييم العسكري لسطح الارض والذي يكون وفق بعدين هما:

1 – البعد الستراتيجي.

ويعني الاهتمام بجميع الظواهر الجغرافية الطبيعية والبشرية في المنطقة التي ستمر عبرها القوات العسكرية، والتوزيع المكاني لتلك الظواهر، والتي على ضوءها تحدد المسارات التي تسلكها تلك القوات.

2 – البعد التكتيكي.

ويعني الاهتمام بالتفاصيل الدقيقة لسطح الارض، أي طبيعة وجود تلك الظواهر وخصائصها العامة والتي يترتب عليها بعض المشاكل منها ما يأتي:

أ. مدى الرؤيا والحركة عبر الظواهر الطبيعية والبشرية.

ب. مدى الاستفادة من تلك الظواهر في عمليات الدفاع والهجوم، وهذا يعتمد على عدة عناصر تحتاج الى معلومات دقيقة عن تلك الظواهر.

ج. مصادر المياه المتوفرة والموارد الطبيعية الأخرى التي يمكن الاستفادة منها.

وعليه تزود القوات العسكرية بخرائط طوبوغرافية تتضمن تفاصيل متنوعة يتدرب قادة الجيش على قراءة تلك الخرائط والرموز التي تستخدم في التعبير عن محتوياتها، والتي تتطلب دقة عالية في ترجمة تلك المعلومات إلى إحداثيات عسكرية، وأي خطأ يرتكب في هذا المجال يترتب عليه خسائر مادية وبشرية، فمن خلال تلك الخرائط يتم استنباط المسافة والزمن والمعوقات ومواقع الضعف والقوة، وما يتطلب ذلك من مستلزمات، وكل ذلك يعتمد على قدرة مفسر الخريطة.

ولأهمية الخريطة في المجال العسكري قام سلاح الهندسة الأمريكية بتطوير نظام كمي (بارا متري) لتحليل الاراضي للأغراض العسكرية يسمى (التقييم العسكري للمناطق الجغرافية) بالاعتماد على التصوير الجوي والخرائط الطوبوغرافية والمسح الميداني، حيث يتم تحديد عدد من العناصر الارضية التي تؤثر على العمليات العسكرية ومن ثم إعطائها قيما رقمية وتصنيفها وفق متغيرات فيزوغرافية مثل طبيعة التضاريس من جبال وسهول ووديان ومتغيرات مورفولوجية، أي الشكل الخارجي لسطح الارض من حيث طبيعة الانحدار والتكوينات السطحية وما تحتها من تربة وصخور، والنظام الهيدرولوجي السائد، شكل رقم(8 – 7أ).

وقد ساعد ذلك كثيرا في اختصار المعلومات التي تتضمنها الخريطة وتحويلها الى قيم رقمية يسهل تمثيلها على الخريطة وترجمتها بدقة افضل من استنباط المعلومات كما في النظام السابق، وهذا يقلل من احتمال الوقوع في خطأ عند قراءة محتويات الخريطة.

ويرفق مع الخريطة مفتاح للرموز التي تتضمنها، شكل رقم (8 – 7 ب).[19]

الشكل رقم (8 – 7 أ) الخريطة العسكرية ورموزها

الشكل رقم (8 – 7 ب) الخريطة العسكرية ورموزها

المكونات السطحية

صخر متماسك (غرانيت وبايس)
مواد غير متماسكة
ترب مفرشية (كالرمل والرمل الغرينيي)
ترب عضوية ناعمة ومتينة النسيج
مسطحات مائية: العمق أكثر من 1 متر والمساحة أكثر من 4 دونمات

أنماط الانحدار
1 — ٠ – ٦ درجة
2 — ٦ – ١٤
3 — ١٤ – ٢٦,٥
4 — ٢٦,٥ – ٤٥
5 — ٤٥ فأكثر
6 — نمط ١ + ٢
7 — نمط ٢ + ٣
8 — نمط ٣ + ٤
9 — نمط ١ + ٢ + ٣

شكل المنحدر
1 — محدب لطيف
2 — مستقيم لطيف
3 — مقعر لطيف
4 — محدب خشن
5 — مستقيم خشن
6 — مقعر خشن
7 — نمط ١ + ٣
8 — نمط ١ + ٢ + ٣
9 — نمط ٤ + ٥ + ٦

مورفولوجية السطح (المستوى العام)

مورفولوجية السطح: المستوى التفصيلي

أشكال ناتئة تتكون من الترب المفرشية، عشوائية أو بنمط خطي، الانحدار من نمط ٦ أو ٧، الطول ١٥٠ – ٦٠ متر، نسبة العرض إلى الطول ١:٤ – ١:٢٠، الارتفاع من ٣ – ٣٠ متراً، تشتمل أحياناً على كثبان رملية وصخرية متشابكة.

أشكال ناتئة تتكون من الترب المفرشية، عشوائية أو بنمط خطي، الانحدار من نمط ٦ أو ٧، الطول ١٥ – ١٢٠ متر، نسبة العرض إلى الطول ١:٢ – ١:٨، الارتفاع أقل من ٣ أمتار، تشتمل أحياناً على تموجات وفرشات رملية عشوائية.

الغطاء السطحي: تركيب النبات الطبيعي

الارتفاع أكثر من ٨ متر / الساق خشبي — الشكل: أشجار
٣ – ٨ / الساق خشبي — أشجار وشجيرات
٠,٥ – ٣ / الساق خشبي — شجيرات طويلة
أقل من ٠,٥ متر / الساق خشبي وغير خشبي — شجيرات قصيرة / حشائش وطحالب

الغطاء السطحي: تباعد النبات الطبيعي

9 — ٠ – ٣ متر
8 — ٣ – ٥
7 — ٥ – ٨
6 — ٨ – ١٤
5 — ١٤ – ٢٠
4 — ٢٠ – ٣٠
3 — ٣٠ – ٤٥
2 — ٤٥ – ٧٥
1 — أكثر من ٧٥

رابعا – استخدام التقنيات الحديثة في العمليات العسكرية

ان التطور التكنولوجي الحديث قدم للإنسان تسهيلات كبيرة في سبيل تحقيق رغباته وطموحاته، وفي مجال توفير المعلومات الجيومورفولوجية للأغراض العسكرية تعتمد على ما يأتي:

1 – **الاستشعار عن بعد.**

يعد الاستشعار عن بعد ذا أهمية كبيرة في القضايا العسكرية المختلفة، فمن خلال الصور الجوية والفضائية يمكن عمل خرائط طوبوغرافية توضح مظاهر السطح في المنطقة التي يتم تصويرها، سواء كانت طبيعية أو بشرية والتي يمثل البعض منها عائقا أمام تقدم الجيوش، وتكون مثل تلك المعلومات اكثر دقة وشمولية من المعلومات التي توفرها الجهات الاستخبارية عن طريق تسللها ضمن صفوف وارض العدو، كما يستفاد من تلك المعلومات في اكتشاف مواقع تجمعات العدو والياته ومواقع الأسلحة الثقيلة كالمدفعية والقاذفات، كما حدث في الحرب العالمية الثانية عندما استطاعت بريطانيا وأمريكا من تحديد مواقع القاذفات الألمانية بواسطة التصوير الجوي وتم تدميرها، وبالتالي قللت من قوة الهجمات الألمانية على بريطانيا والحلفاء، ويستخدم الاستشعار عن بعد في مراقبة تحركات العدو وتغيير مواقع قواته وهذا غير ممكن في أجهزة المراقبة الارضية، فضلا عن تحديد مواقع الضعف والقوة في جبهة القوات المعادية.

وقد كان للطائرات الحديثة وخاصة المصممة للأغراض الاستطلاعية والتي تسير بدون طيار دور فاعل في هذا المجال، ومما زاد في فاعلية أجهزة الاستشعار استخدام المعدات الإلكترونية في هذا المجال وعلى نطاق واسع، والتي من خلالها يمكن التحكم بتوجيه الصواريخ نحو الهدف المطلوب عن طريق الطائرات والأقمار الصناعية، وهذا يقلل من الأضرار التي تنتج عن القصف العشوائي ويزيد في دقة إصابة الهدف.[20]

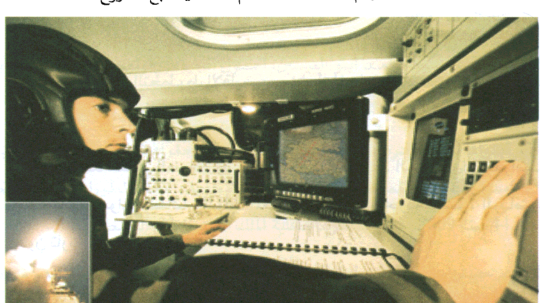
2 – **استخدام GIS و GPS في العمليات العسكرية:**

تعد GIS وGPS ذا اهمية كبيرة في المجال العسكري، لذا تم استخدمها من قبل الجيش الأمريكي على نطاق واسع عند غزوه العراق، حيث تعمل نظم المعلومات على الربط بين

كفاءة الحاسوب كوسيلة لجمع وتحليل ومقارنة المعلومات مهما كانت طبيعتها والجغرافيا باعتبارها وعاء واسع يضم كما هائلا ومعقدا ومركب من المعلومات الطبيعية والبشرية ، وتحويل تلك المعلومات الى أشكال بسيطة ومفهومة يستفاد منها في تحقيق الأهداف التي تم تحليل المعلومات من اجلها ومنها الأغراض العسكرية ، حيث تمثل GISمسرحا لعمليات تحليل واسعة يتم من خلالها تحويل البيانات الى أشكال بيانية وخرائط وجداول، والتي لاتكن جامدة بل قابلة للتجديد حسب ما تقتضيه الحاجة وتطور الأمور، وقد أعطى هذا النظام مرونة في امكانية ملاحظة ساحة العمليات الحربية من قبل القادة العسكريين في أماكن مختلفة من خلال ملاحظة الخرائط والرسومات التي يعرضها النظام على شاشة الحاسوب، والتي توضح مواقع القوات المهاجمة والمعادية ، وقد تم تزويد ناقلات الجنود الأمريكية بحاسوب معد لهذا الغرض، لذا يتم تحركها وفق الإحداثيات التي تظهر على الخريطة والتي تصدرها القيادة الميدانية أو العليا.

ومن الجدير بالذكر أن عمل كل من GISوGPSلم يكن منفصلا عن بعضه بل يكمل بعضه البعض، إذ يتم تحديث البيانات التي تتضمنها الخريطة من المعلومات التي يتم الحصول عليها من GPS ، وعليه تكون العلاقة بين النظامين وثيقة جدا ، على سبيل المثال استخدام الأسلحة الذكية أو الصواريخ الموجهة بواسطة الأقمار الاصطناعية ، والتي تقوم بمتابعة مسار الصاروخ عند إطلاقه و تتبع مساره على شاشة الحاسوب، والتي توضح طبيعة الطريق الذي يسلكه حتى بلوغ الهدف، شكل رقم (8 – 8) تتبع مسار صاروخ بواسطة الحاسوب.

شكل رقم (8 – 8) استخدام GPS في تتبع صاروخ



وقد أتاح المزج بين النظامين GISوGPSللقوات الأمريكية قدرة كبيرة في تحديد الأهداف المطلوب ضربها أو مراقبتها بواسطة الأقمار الاصطناعية المتخصصة في هذا المجال وخاصة المعدة لأغراض التجسس، وقد قامت القوات الغازية للعراق بالتقاط آلاف الصور يوميا لمواقع عراقية مختلفة، حيث تسهل تلك الصور تحديد الإحداثيات عليها اعتمادا على موقع القمر الاصطناعي الذي قام بعملية التصوير، لذا كانت عملية تحليل تلك الصور تتم بسرعة كبيرة وترسل الى GISلتعديل البيانات الموجودة في النظام والتي يتم على ضوءها تعديل البيانات في الخرائط التي توجد لدى القيادات المركزية والميدانية، كما يتم تعديل الأهداف حسب المعطيات الجديدة.

ومن الميزات الأخرى التي تمت الاستفادة منها في هذا المجال هو أن GPS سهل عملية الاتصال بين الوحدات العسكرية المختلفة دون الحاجة الى أجهزة الاتصال التقليدية التي تتعرض الى الانقطاع والتدمير بسهولة. [21]

مراجع الفصل الثامن

1) د. فؤاد الصفار؛ التخطيط الاقليمي، منشأة المعارف الإسكندرية، 1979، ص76.

2) د. أنور عبد الغني العناد، ود. محمد عبد الحميد الحمادي؛ الجغرافية الاقتصادية، موارد الطاقة والموارد المعدنية، ج1، دار الحرية للنشر، الرياض، بدون تاريخ نشر، ص 18.

3) المصدر السابق، ص 20.

4) د. عدنان النقاش وزميله الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص 472.

5) د. حسن سيد احمد أبو العينين، أصول الجيومورفولوجيا مصدر سابق، ص727.

6) د. محمد صفي الدين؛ جيومورفولوجية قشرة الارض؛ مصدر سابق، ص 88.

7) د. محمد أزهر السماك: دراسات في الموارد الاقتصادية، جامعة الموصل، العراق. 1978، ص 120.

8) د. أنور عبد الغني وزميله؛ الجغرافيا الاقتصادية، مصدر سابق، ص 122.

9) د. عدنان النقاش وزميله؛ الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص 475.

10) د. حسن سيد احمد أبو العينين، مصدر سابق، ص 725.

11) د. عدنان النقاش وزميله؛ الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص 476.

12) د. فاضل السعدوني واخرون؛ الاستشعار عن بعد في الهندسة المدنية، مصدر سابق، ص 463.

13) د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص731.

14) اللواء الطيار الركن عيل عتيق العنسي، الجغرافيا العسكرية دور حيوي ومؤثر في سير العمليات الجوية والبرية والبحرية، مجلة الطيران والدفاع العدد 44 سنة 2009، التي تصدرها كلية الملك خالد للعلوم العسكرية.

15) د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص735 .

16) المقدم – فرانسيس أ. جالجانو – الجيش الأمريكي، التضاريس وتأثيرها على العمليات العسكرية، تقرير منشور على موقع الانترنت www. albasalh. com.

17) بيئة العمليات العسكرية في أفغانستان تقرير منشور على موقع الانترنت www. naseej. com

18) دغيليب بن ساير القوسي، الخريطة اللغة العالمية، مقال منشور في مجلة كلية الملك خالد العسكرية، وعلى موقع الانترنت www. kkmag. gov. as

19) دمحمد صبري محسوب وزميله، الخريطة الكنتورية، مصدر سابق، ص 314.

20) د. محمد صبري محسوب وزميله؛ الخريطة الكنتورية، مصدر سابق، ص 313.

21) جمال محمد غيطان، تحديد مواقع القوات والأهداف باستخدام GISوGPS، مقال منشور عبر الأنترنت في جريدة الأهرام بتاريخ 10/4 /2003 على الموقع

ghietas@ahram0505. net

الفصل التاسع

السياحة التضاريسية

الفصل التاسع
السياحة التضاريسية

المبحث الأول – اهمية السياحة ومتطلباتها

أولاً – اهمية السياحة:

تعد السياحة من أكثر الانشطة نمواً في العالم، فقد أصبحت اليوم من أهم القطاعات في التجارة الدولية، إن السياحة من منظور اقتصادي هي قطاع إنتاجي له دوراً مهماً في زيادة الدخل القومي وتحسين ميزان المدفوعات، ومصدراً للعملات الصعبة، وفرصة لتشغيل الأيدي العاملة، وهدفاً لتحقيق برامج التنمية والتكامل الاقتصادي للدول التي تهتم بهذا النشاط.

ومن منظور إجتماعي وحضاري، فإن السياحة هي حركة ديناميكية ترتبط بالجوانب الثقافية والحضارية للإنسان، بمعنى أنها وسيلة حضارية وجسر للتواصل بين الثقافات والمعارف الإنسانية للأمم والشعوب، وهي نتيجة طبيعية لتطور المجتمعات الحضاري، وارتفاع مستوى معيشة الفرد.

وعلى الصعيد البيئي تعتبر السياحة عاملاً جاذباً للسياح وإشباع رغباتهم من حيث زيارة الأماكن الطبيعية المختلفة، والتعرف على تضاريسها وعلى نباتاتها والحياة الفطرية، بالإضافة إلى الاحتكاك بالمجتمعات المحلية للتعرف على عاداتها وتقاليدها.

ثانياً – متطلبات السياحة:

تتداخل نشاطات السياحة مع العديد من المجالات، وفيما يلي المتطلبات الأساسية للسياحة التي يجب أخذها بعين الاعتبار في أي عملية تخطيط:

1) عوامل وعناصر جذب الزوار: تتضمن العناصر الطبيعية مثل المناخ والتضاريس والشواطئ والبحرية والأنهار والغابات والمحميات، والانشطة البشرية مثل المواقع التاريخية والحضارية والأثرية والدينية ومدن الملاهي والألعاب.

2) مرافق وخدمات الإيواء والضيافة: مثل الفنادق وبيوت الضيافة والمطاعم واماكن الاستراحات.

3) خدمات مختلفة: مثل مراكز المعلومات السياحية ووكالات السياحة و السفر، ومراكز صناعة وبيع الحرف اليدوية، والبنوك والمراكز الطبية والبريد والشرطة والادلاء السياحيين.

4) خدمات النقل: تشمل وسائل النقل على أختلاف أنواعها التي تخدم المنطقة السياحية.

5) خدمات البنى التحتية: تشمل توفير المياه الصالحة للشرب والطاقة الكهربائية ومجري الصرف الصحي، وتوفير شبكة من الطرق والاتصالات.

6) عناصر مؤسسية: تتضمن خطط التسويق وبرامج الترويج للسياحة، مثل سن التشريعات والقوانين والهياكل التنظيمية العامة، ودوافع جذب الإستثمار في القطاع السياحي، وبرامج تعليم وتدريب الموظفين في القطاع السياحي.

المبحث الثاني – الاشكال الارضية السياحية

يعد تنوع مظاهر سطح الأرض من العوامل المهمة التي أسهمت في تنشيط الحركة السياحية في العالم وخاصة الدول المتقدمة تكنولوجيا وثقافيا، فقد تحولت المناطق التي تضم مظاهر أرضية مختلفة الى مواقع سياحية يقصدها ملايين السكان، وقد يتحمل الكثير عناء السفر وقطع مئات الاميال للوصول الى مكان يتميز بخصائص تضاريسية متميزة، حيث يتمتع الانسان بجمال الطبيعة التي تحيط به باشكالها المختلفة، ولغرض التوضيح سيتم تناول اهم المظاهر الارضية التي يستفاد منها الانسان لغرض السياحة والترفيه ومنها:

أولاً – المناطق الجبلية

تمثل الجبال احد مظاهر السطح التي يقصدها السكان في اوقات الصيف لانها تكون ابرد مما يحيط بها وذلك لانخفاض درجات الحرارة بالارتفاع(ا° م كل 150م ارتفاعا) كما تتميز الجبال بمناظر جذابة بسبب طبيعة تكوينها او نوع صخورها او طبيعة الغطاء النباتي، او تغير الغطاء الجليدي الذي قد يغطيها شتاءا ويذوب ويتراجع صيفا، ويعد شمال العراق الجبلي من المناطق السياحية المهمة التي يقصدها سكان العراق من كل مكان، حيث تتوفر اماكن سياحية مشهورة جدا مثل صلاح الدين وشقلاوه وكلي علي بيك وحاج عمران ومنطقة سد دوكان ودربندخان ومناطق اخرى كثيرة، كما تتمتع العديد من الدول العربية بوجود جبال سياحية ومنها سوريا ولبنان، ومجموعة الصور رقم (9 – 1) توضح اهم انواع الجبال السياحية في العراق ومناطق مختلفة من العالم.

مجموعة الصور رقم (9 – 1) من اهم انواع الجبال السياحية في العالم



تابع مجموعة الصور رقم (9 – 1) من اهم انواع الجبال السياحية في العالم



ثانياً – سواحل وشواطيء البحار والمحيطات

تعد سواحل البحار والمحيطات من المناطق السياحية التي يتمتع الانسان بجمالها، حيث تجمع بين اليابس والماء، وتكون ذات خصائص متنوعة فمنها البلاجات الرملية والتي تمثل افضل المناطق السياحية، خاصة اذا كانت المياه قليلة العمق والرمال تغطي قاعها، كما هو الحال في مناطق عدة في الوطن العربي مثل الاسكندرية واللاذقية وسوسة في ليبيا وبعض سواحل وشواطئ الخليج العربي، ومما يزيد في جمالية البلاج لون الرمال، فقد تتخذ اشكالا عدة منها الابيض والاسود والوردي والازرق، كما توجد اشكال مختلفة للسواحل والتي يتم اتخاذها كمناطق سياحية، مجموعة صور رقم (9 – 2) نماذج لسواحل سياحية، ومن السواحل السياحية الاخرى الالسنة الارسابية او الصخرية التي تمتد في المياه، كما تكون بعض الشواطيء مسطبية الشكل نتيجة التعرية التراجعية نحو اليابس، فتتحول الى مناطق منبسطة تشرف على البحر ذات منظر جميل، اضافة الى مصبات الاودية الواسعة التي تتراجع نحو اليابس، حيث تتجمع فيها كتل الصخور المختلفة وتتحرك في جهات عدة فينتج عن تلك الحركة اصطدامها ببعضها فتتحول الى الشكل الدائري او المستطيل ملساء المظهر ومتنوعة الحجم واللون، كما تضم الشواطيء مظاهر متنوعة مثل الكهوف والموائد الصخرية والاقواس والاجراف البحرية والدالات المروحية والمرجان، وغيرها، فضلا عن هبوب الرياح من جهة تلك المسطحات المائية فيعمل على تعديل درجات الحرارة، حيث يميل الجو الى الاعتدال، فمن خصائص الماء اكتساب الحرارة وفقدنها ببطيء عكس اليابس يكتسبها ويفقدها بسرعة، لذا في الصيف تكون مياه البحر اقل حرارة من اليابس وفي الشتاء اكثر حرارة من اليابس، لذا تكون الرياح القادمة من البحار اقل حرارة في الصيف مما على اليابس، اما في الشتاء فتكون الرياح ادفء مما على اليابس.

مجموعة صور رقم (9 – 2) نماذج لسواحل سياحية

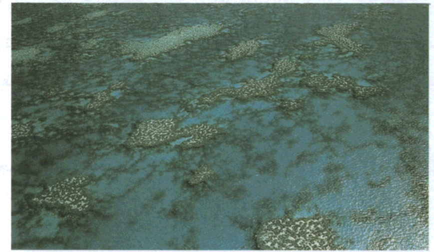






مجموعة صور رقم (9 – 2) نماذج لسواحل سياحية







ثالثاً – الضفاف والجزر النهرية:

تمثل ضفاف الانهار احد المقومات السياحية الاساسية في العالم، فقد تم تطوير ضفاف وجزر الانهار وتحويلها الى فنادق ومقاهي ومطاعم ومتنزهات، اذ تمثل تلك الضفاف بيئة هادئة وجميلة يحس الانسان بالراحة والاستجمام والتمتع بمنظر المياه الجميل وطبيعة جريانها، كما يقترن بذلك الرحلات النهرية باستخدام الزوارق، ففي مدينة القاهرة يمثل النيل الشريان الاساسي لجذب الانشطة الترفيهية، وكذلك مدينة بغداد تعد ضفاف وجزر نهر دجلة مناطق جذب للنشاط السياحي والترفيهي، مثل جزيرة بغداد السياحية وجزيرة ام الخنازير وغيرها، وكذلك الحال في اوربا وامريكا واسيا فقد تم استغلال تلك الانهار لاغراض الترفيه والسياحة، وفي مثل تلك الاماكن تنافس السياحة والترفيه الانشطة الاخرى الصناعية والتجارية لانها توفر عدة مكاسب في ان واحد اقتصادي واجتماعي وثقافي، مجموعة صور رقم (9 – 3) نماذج لبعض ضفاف الانهار والجزر السياحية.

مجموعة صور رقم (9 – 3) نماذج لبعض ضفاف الانهار والجزر السياحية.



تابع مجموعة صور رقم (9 – 3) نماذج لبعض ضفاف الانهار والجزر السياحية.







رابعاً- الرمال الصحراوية

توجد في المناطق الصحراوية رمال بانواع واشكال مختلفة، وان من خصائص الرمال النعومة وعدم التماسك، لذا يحس الانسان بالمشي او القفز فوقها بمتعة، فضلا عن منظرها الجذاب من خلال ما تتضمنه من اشكال مختلفة طولية ومستعرضة ومساحات منبسطة، وقد ظهرت رياضات متنوعة ترتبط بالرمال الصحراوية منها التزلج على الرمال، وحركة السيارات الخاصة بالرمال، فضلا عن استخدامها للاغراض الطبية، وقد تم استغلال الرمال لهذا الغرض في المناطق التي تتوفر فيها الرمال بكميا كبيرة كما هو الحال في الصحراء الافريقية الكبرى، ومنها الرمال المتوفرة في الصحراء المصرية قرب بحيرة سيوه، وكذلك بحر الرمال الموجود في الاراضي الليبية غرب بحيرة سيوية جنوب منخفض الجغبوب، مجموعة صور رقم (9 – 4) انواع من الرمال الصحراوية السياحية.

مجموعة صور رقم (9 – 4) انواع من الرمال الصحراوية السياحية



تابع مجموعة صور رقم (9 – 4) انواع من الرمال الصحراوية السياحية



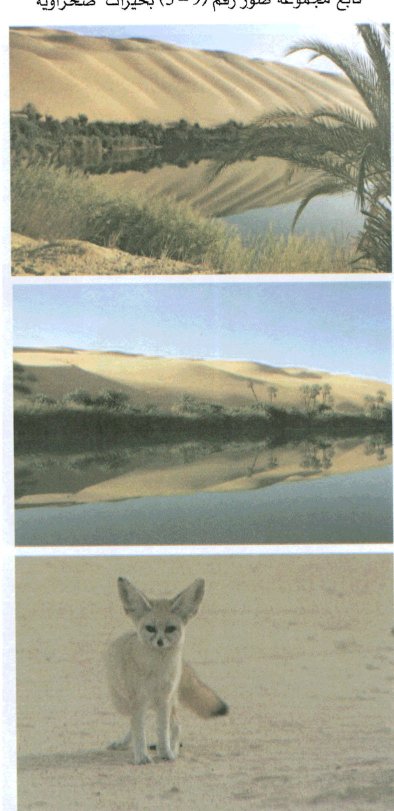
خامساً– الواحات والمنخفضات الصحراوية:

تتضمن المناطق الصحراوية العديد من الوحات والمنخفضات، والتي تضم مظاهر جيومورفولوجية متميزة او نادرة، لذا تم استغلالها فضلا عن الانشطة الاقتصادية الاخرى لاغراض السياحة والترفيه، رغم عدم الاهتمام بها من قبل الدولة التي تقع ضمن اراضيها بشكل يساعد على الجذب السياحي نحوها، ورغم ذلك فقد يزورها الكثير من الناس لغرض الاطلاع على ما تحتويه من مظاهر ومناظر طبيعية، وتعد بحيرة سيوية المصرية ومنخفض الجغبوب الليبي من بين تلك المنخفضات التي استغلت لهذا الغرض، وتعد بحيرة سيوه اكثر استغلالا من الجغبوب لتوفر مستلزمات السياحة فيها، في حين يعد الجغبوب اكثر جمالية من سيوية لما يضمه من مظاهر طبيعية لاتوجد في مكان اخر، وتضم بعض المنخفضات الصحاروية بحيرات بعضها واسعة واخرى ضيقة، والتي زادت من جمالية تلك المنخفضات، مجموعة صور رقم (9 – 5) بحيرات صحراوية.

مجموعة صور رقم (9 – 5) بحيرات صحراوية



تابع مجموعة صور رقم (9 – 5) بحيرات صحراوية



سادساً– الكهوف

تعد الكهوف من المظاهر الجيومورفولوجية التي استغلت لاغراض السياحة والترفيه على نطاق واسع في العالم، وذلك لما تتضمنه من تنوع في المظهر وفي الشكل وما فيها من اشكال مختلفة، ومن اهم الكهوف واكثرها جاذبية هي الكارستية التي تضم اعمدة صاعدة ونازله ومتصلة وباحجام مختلفة تسر الناظرين، مجموعة صور رقم (9 – 6) انواع من الكهوف.

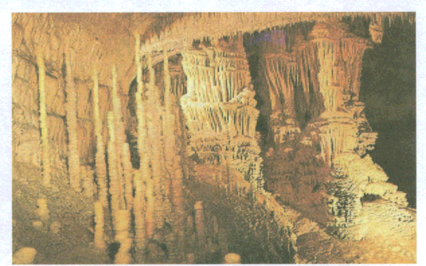
مجموعة صور رقم (9 – 6) انواع من الكهوف

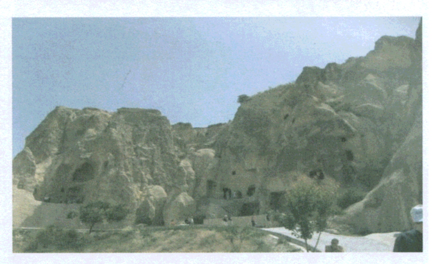




تابع مجموعة صور رقم (9 – 6) انواع من الكهوف

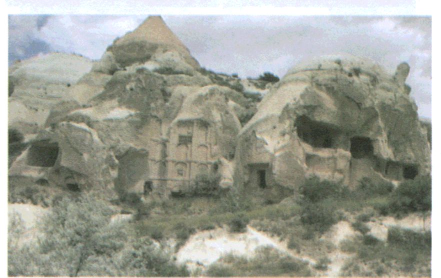


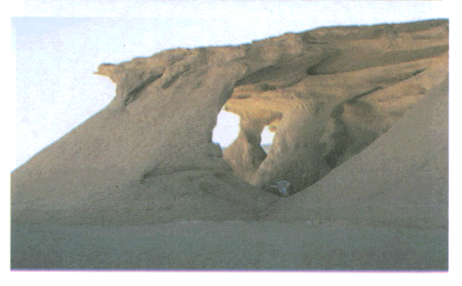




تابع مجموعة صور رقم (9 – 6) انواع من الكهوف





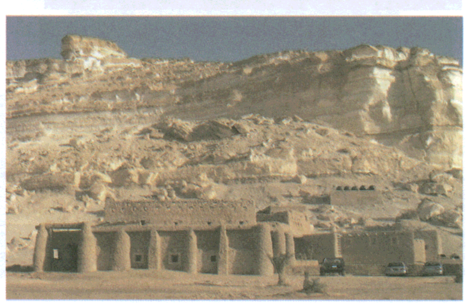


سابعا – الأشكال الأرضية المختلفة:

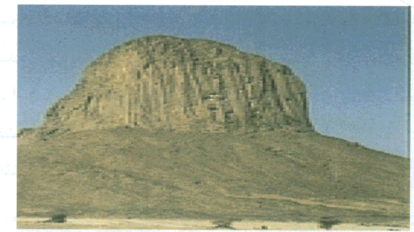
يضم سطح الأرض إشكال أرضية مختلفة، والتي تكون ذات مناظر جذابة، لذا يقصدها السكان من مناطق عدة، ويرتبط باماكن وجود تلك المظاهر الخدمات السياحية المختلفة من نقل واماكن استراحة وتسوق في كثير من دول العالم المهتمة بالخدمات السياحية، مجموعة صور رقم (9 – 7)نماذج من الاشكال الارضية المتنوعة.

مجموعة صور رقم (9 – 7) نماذج من الاشكال الارضية المتنوعة

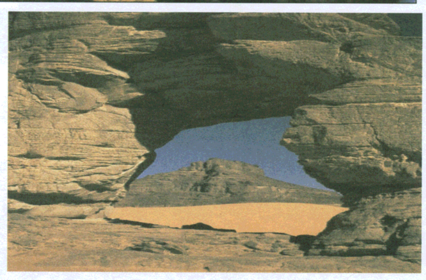




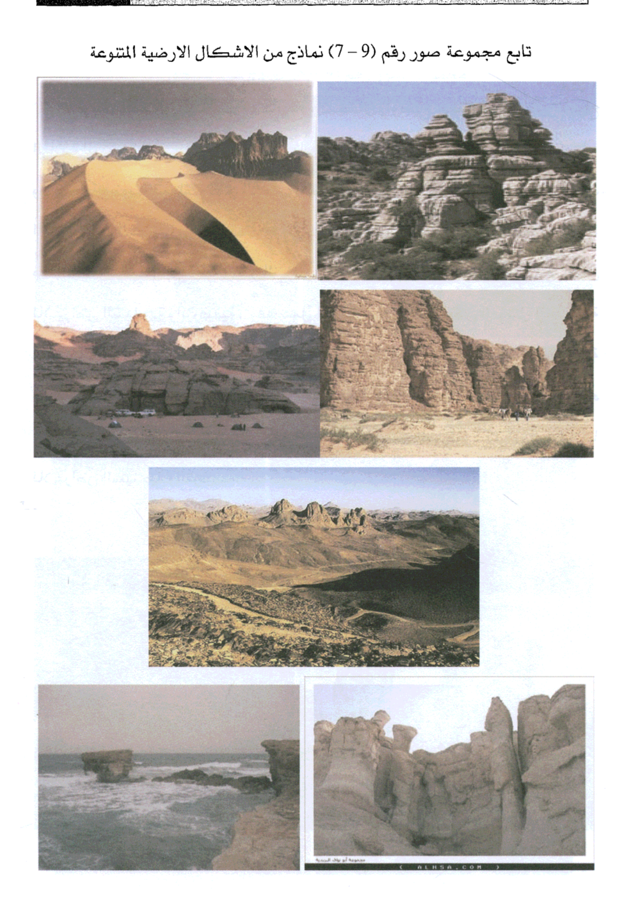
تابع مجموعة صور رقم (9 – 7) نماذج من الاشكال الارضية المتنوعة







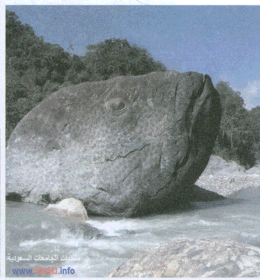
تابع مجموعة صور رقم (9 – 7) نماذج من الاشكال الارضية المتنوعة



ثامناً – الصخور

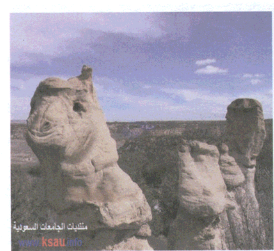
توجد الصخور في الطبيعة بأنواع وإشكال وأوضاع مختلفة، فضمن الأنواع الثلاثة الرئيسة للصخور توجد أنواع ثانوية ولكل واحد منها خصائص تركيبية وشكلية وبنوية مختلفة عن الأخرى، كما كان للتغيرات المناخية والأحداث الجيولوجية التي مرت بها الكرة الأرضية دورا في اتخاذ تلك الصخور أوضاعا متميزة، وإشكالا جذابة تسر الناظر اليها، لذا استغلت مثل تلك الأماكن للإغراض السياحية والترفيهية، وقد عمل الانسان على نحت بعض الكتل الصخرية وتحويلها الى تماثيل مختلفة تعبر عن انواع من الحيوانات او فن معماري اوزخرفة معينة، وبعض الصخور اتخذت وضعا متميزا في موقعها او شكلها يجذب انتباه الانسان عما سواه، مجموعة صور رقم (9 – 8) نماذج من الصخور، لذا تم استغلالها للاغراض السياحية والترفيهية.

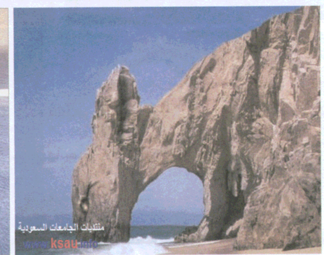
مجموعة صور رقم (9 – 8) نماذج من الصخور

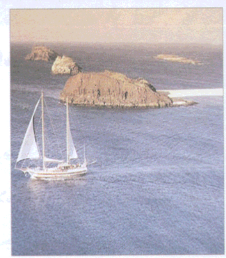


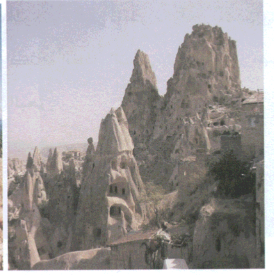


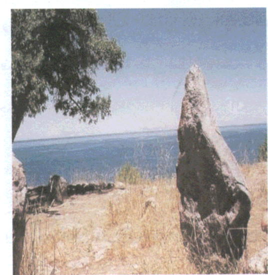












مجموعة صور رقم (9 – 8) تماذج من الصخور

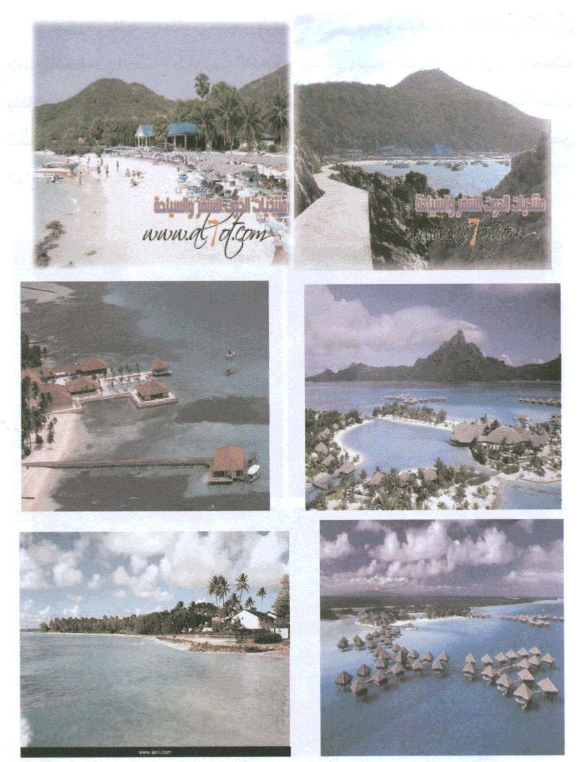




تاسعا – الجزر البحرية:

تضم البحار والمحيطات جزر عدة تتخذ مواقع واشكال مختلفة، فضلا عن توفر الامكانات المختلفة التي يستفاد منها سكان الجزيرة وخاصة مقومات الحياة الاساسية من ماء وتربة ومناخ وموارد طبيعية متنوعة، لذا استوطن الانسان بعض تلك الجزر وطورها بما ينسجم والتطورات الحديثة، وقد كان لنوع التكوينات الارضية دورا في زيادة جمالية الجزر مثل الشعاب المرجانية التي تغطي سواحل بعضها، او توفر الرمال الشاطئية على نطاق واسع، او كثافة الغطاء النباتي في بعض اجزاءها، مجموعة صور رقم (9 – 9) انواع من الجزر البحرية.

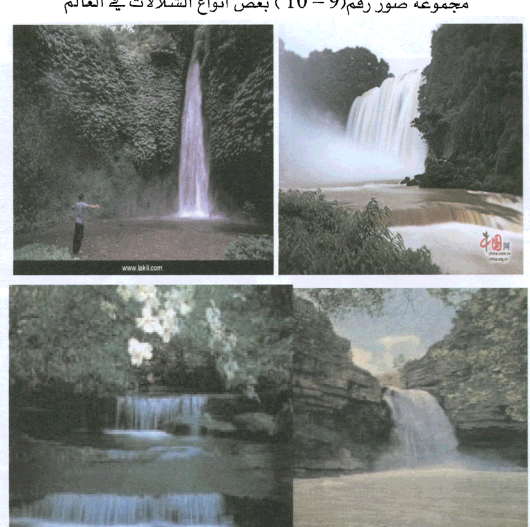
مجموعة صور رقم (9 – 9) انواع من الجزر البحرية



عاشرا – الشلالات

تمثل الشلالات مظاهر جيومورفولوجية متميزة عما سوها من المظاهر الاخرى لانها ناتجة من اجتماع ظاهرتي الانحدار وتدفق المياه، فضلا عن البيئة المحيطة بذلك، والتي تكون خضراء تسر الناظر اليها والتمتع بجمالها، لذا تعد وسيلة جذب للسكان من كل مكان حتى من خارج البلد، مجموعة صور رقم(9 – 10)بعض انواع الشلالات في العالم.

مجموعة صور رقم(9 – 10) بعض انواع الشلالات في العالم

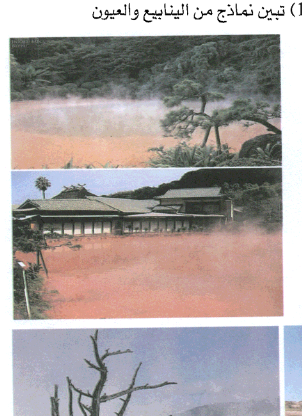


احدى عشر – العيون والينابيع الطبيعية

تتخذ العيون والينابيع الطبيعة اشكالا مختلفة حسب الوضع الطوبوغرافي والتضاريسي للمكان الذي تظهر فيه، وقد تضفي على اماكن وجودها الطابع الجمالي من التكامل مع المظهر التضاريسي للمنطقة، مما يجعلها مناطق جذب للسكان من مناطق مختلفة ومتباعدة حتى من خارج الدولة، مجموعة صور رقم (9 – 11) تبين نماذج من الينابيع والعيون.

مجموعة صور رقم (9 – 11) تبين نماذج من الينابيع والعيون



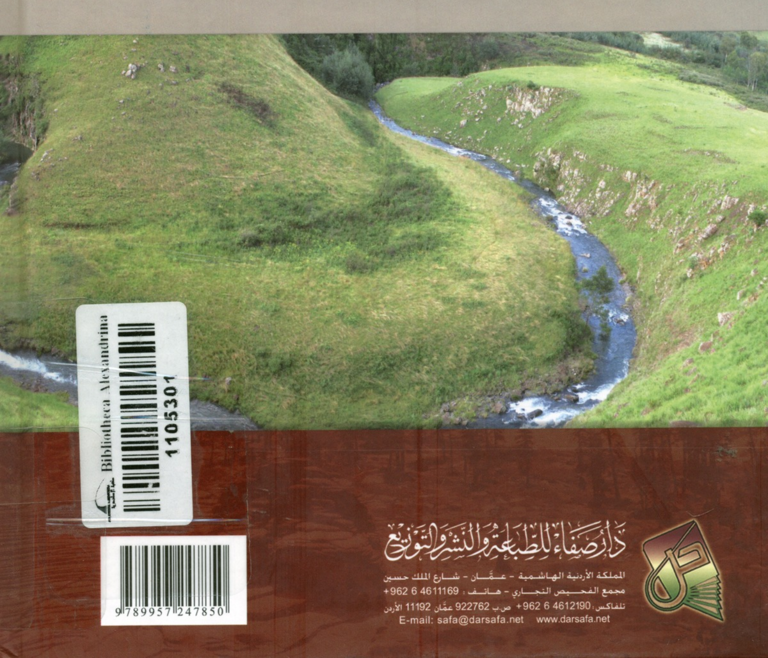






علم شكل الأرض التطبيقي

الجيومورفولوجيا التطبيقية



9789957247850

دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع

المملكة الأردنية الهاشمية - عمَّان - شارع الملك حسين
مجمع الفحيص التجاري - هاتف: 4611169 6 962+
تلفاكس: 4612190 6 962+ ص.ب 922762 عمَّان 11192 الأردن
E-mail: safa@darsafa.net www.darsafa.net